

Odd Erik Rossevatn

IKT som læringsverktøy i matematikk

En studie av lærer- og elevrollen ved bruk av TI Interactive (og andre programmer) i 4 matematikklasser i videregående skole.

Masteroppgave i matematikdidaktikk

Høgskolen i Agder

Fakultet for realfag

2006

Forord

Arbeidet med denne masteroppgaven startet i mai 2005. Etter en samtale med veileder ble det bestemt hvilke skoler som skulle brukes og disse ble kontaktet. Sommeren 2005 og deler av høsten gikk i stor grad med til litteraturstudie, utarbeidelse av prosjektskisse og utdypning av problemstillingen. I oktober og november foretok jeg datainnsamling og transkribering, mens desember og litt av januar gikk med til koding. Fra midten av januar og fram til mai har tiden blitt brukt til skriving av masteroppgaven.

Bakgrunnen for at jeg valgte denne oppgaven skyldes mitt eget syn på IKT som læringsverktøy, og at jeg har en utdanning innenfor matematikdidaktikk og informatikk. Det var naturlig å velge en oppgave der jeg kunne få brukt hele min utdanning og ikke bare matematikken.

Jeg har stor tro på at datamaskiner kan bidra til å fremme læringen dersom de brukes "rett". Derfor var det interessant å se hvordan undervisning med IKT i matematikk ble utført og bli kjent med de pedagogiske begrunnelsene. I særlig grad var jeg opptatt av hvordan elevene opplevde en slik arbeidssituasjon.

Jeg vil gjerne få lov til å takke alle som har bidratt og hjulpet meg med denne oppgaven:

- Gro Blomgren og Ingvald Erfjord for tips og råd i forbindelse med utarbeidelsen av intervjuguider.
- Lærere ved FVGS og MVGS som stilte opp og brukte mye tid på samtaler om mange interessante utfordringer.
- Elever i 1M og 2MX ved FVGS og 2MX og 3MX ved MVGS for at jeg fikk lov til å filme og observere i timene deres. Spesielt takk til elevene som stilte opp på intervjuer.

Jeg ble tatt godt i mot, hadde fantastiske arbeidsforhold under hele observasjonsperioden og fikk et meget godt og interessant datamateriale.

Til slutt vil jeg takke min veileder Anne Berit Fuglestad for støtte, gode råd og oppmuntring gjennom hele prosessen fra idé til ferdig masteroppgave.

Kristiansand, mai 2006

Sammendrag

Temaet for masteroppgaven er en studie i hvordan bruk av IKT påvirker og forandrer læringsmiljøet i matematikk. Jeg har undersøkt anvendelsen av CAS-programmene TI Interactive (og Derive) i fire klasser på to videregående skoler, og prøvd å dokumentere hvordan slike dataprogram nyttes for å fremme matematisk forståelse. Bruken av CAS-verktøyet er studert ut fra både lærer- og elevperspektiv.

Problemstilling:

- **Hvilke pedagogiske overveielser gjør læreren når han bruker IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer) som verktøy i læringsprosessen?**
- **Hvordan lærer elevene matematikk ved hjelp av IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer)?**

Metode

Datainnsamlingen ble fortatt gjennom intervjuer med både lærere og elever. I tillegg brukte jeg klasseromsobservasjon. Innsamlingen foregikk over en periode på åtte uker. Noe av materialet ble delvis transkribert ut i fulltekst og noe ble det kun utført datareduksjon på. Deretter ble det kodet ved hjelp av Atlas.ti. Analysen er i hovedsak utført etter en ad-hoc metode.

Analyse og resultater

Lærere og elever opplevde IKT som motiverende i undervisningen. Lærerne hevdet at de kunne undervise på en annerledes måte og få illustrert matematiske temaer bedre. IKT bruken så ut til å fremme forståelsen i arbeidet med grafer. Både lærere og elever trakk fram dette temaet.

Planlegging av undervisningen og utvikling av gode undervisningsmodeller var avgjørende for en vellykket implementering. Ved å legge vekt på nøyaktige instruksjoner i bruken av CAS-verktøyet opplevde ikke elevene læringsterskelen som særlig høy. Den matematiske språkbruken til elevene bedret seg også ved å anvende PCen. Samarbeidet mellom lærerne ble tettere. De brukte hverandre mer aktivt som partnere i arbeidet med å lære seg dataprogrammene.

Oppgaveutformingen var kanskje den største utfordringen. På begge skolene slet de med å finne gode problemformuleringer som virkelig stimulerte til læring ved bruk av IKT. Oppgavene elevene jobbet med var ofte hentet fra læreverk som ikke var utviklet for CAS-verktøy. Den ene skolen er alt i gang med å lage undervisningsmateriell på egen hånd for å kunne gi en bedre undervisning.

Frykten for å utvikle instrumentell forståelse med bruk av CAS-program er mindre enn det jeg hadde fryktet. Ved begge skolene har de laget undervisningsmodeller som skal motvirke utvikling av denne typen kunnskap. Ut fra intervjuer kan jeg dokumentere at flere elever hadde et ønske om å forstå matematiske sammenhenger. De godtok ikke bare svar fra CAS-verktøyet.

Summary

The subject of this master thesis is a study in how ICT affects and changes the learning environment in mathematics. I have examined the use of TI Interactive (and Derive) in four high school classes and tried to document how CAS is used to promote mathematical understanding. The use of these tools are seen from both the teachers' and the pupils' perspectives.

Research questions:

- What kind of pedagogical considerations is necessary for the teacher to make when he is using TI Interactive (and other programs) as a tool in the learning process?
- How do the pupils learn mathematics when they are using TI Interactive (and other programs)?

Method

Information was collected through interviews with teachers and pupils. I also used classroom observations. The total time spent at the two schools was eight weeks. Data was partly transcribed. After transcription I made use of Atlas.ti to code the material. The main method for analysis was an ad-hoc approach.

Analysis and results

Both teachers and pupils viewed ICT as a motivating tool. The teachers claimed that they could teach in a new and better way. It was easier to illustrate many topics with the use of CAS. The use of TI Interactive and Derive seemed to have improved the understanding of graphs. At least that's what teachers and pupils said.

Careful planning and a good teaching model for ICT are important for a successful implementation. Pupils did not find it hard to become familiar with the computer program. This may be due to the fact that the teachers were precise in their instructions on how to use it. The pupils' mathematical language improved with use of CAS. Collaboration between the teachers had become better after the introduction of TI Interactive or Derive.

Mathematical tasks were perhaps the biggest challenge for both schools. They had some trouble finding good problems where CAS really came in handy and could improve mathematical understanding. The problems the students worked on were not developed for CAS. Making new and better tasks is a priority at one of the schools and this work is under way.

The fear of pupils only getting instrumental knowledge when using CAS seems a little more exaggerated than I had expected. Both schools had developed a model to counter this kind of knowledge. From my interviews I can document that many students wanted to know and understand what the computer was calculating. They didn't accept just an answer.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	5
Summary	6
1 Innledning.....	9
1.1 Temabeskrivelse, mål og problemstilling	9
1.1.1 Lærer	9
1.1.2 Elev.....	9
1.1.3 Problemstilling:	10
1.2 Forventninger før datainnsamlingen startet.....	10
1.3 Metoder	11
1.4 Disposisjon	11
1.5 Begreper og forkortelser.....	11
2 IKT-verktøy i matematikken	13
2.1 Noen utviklingstrekk	13
2.2 Kort om TI Interactive.....	15
3 Teoretisk oversikt.....	17
3.1 Læringsteorier, kunnskap, kompetanse, IKT-metaforer og eget læringssyn	17
3.1.1 Læringsteorier	17
3.1.2 Matematisk kunnskap.....	18
3.1.3 Matematisk kompetanse	19
3.1.4 Fire metaforer om IKT i matematikken	20
3.1.5 Eget syn på læring	21
3.2 Læreres syn på IKT	21
3.3 Elevers syn på IKT	23
3.4 Større IKT-prosjekter	24
3.5 Pedagogisk kompetanse	25
3.6 Hvorfor dominerer ikke IKT i undervisningen?.....	27
3.7 Pensum, læreplan og IKT.....	27
4 ITU Monitor 2005	29
4.1 Om digital kompetanse.....	29
4.2 Elevers og læreres bruk av IKT i skolen	29
4.3 Betingelser for digital kompetanse.....	30
5 Metode.....	33
5.1 Kvalitativ og kvantitativ metode	33
5.2 Datamaterialet	33
5.3 Skolene	34
5.4 Verktøy.....	35
5.5 Intervju	35
5.5.1 Intervjuguider	35
5.5.2 Utvalg av elever	37
5.5.3 Intervjuene.....	37
5.6 Observasjon	37
5.7 Datafiler.....	38
5.8 Transkripsjon.....	38
5.9 Koder	39
5.10 Analysemetoder.....	40
5.11 Validering.....	40
5.12 Justeringer og endringer underveis i observasjonsperioden.....	41

6	Analyse.....	43
6.1	Beskrivelse av undervisningsopplegget ved de to skolene	44
6.2	Hvorfor har skolene satset på IKT?.....	45
6.3	Erfaringer med bruk av IKT	46
6.4	Fordeler med IKT i matematikken	47
6.5	Hindringer	50
6.6	Valg av programvare	52
6.7	Differensiering	54
6.8	Matematikkprøver og bruk av læringsplattform	55
6.9	Samarbeid.....	56
6.10	Planlegging av undervisningsøkter og lærerens ”nye” rolle	56
6.11	Tastetrykking og utvikling av instrumentell forståelse	58
6.12	Oppgavetyper	61
6.13	Algebra	64
6.14	Ulikheter.....	68
6.15	Funksjonsdrøfting.....	69
6.16	Vektorregning.....	79
6.17	Oppsummering av funnene	82
7	Diskusjoner og konklusjoner.....	85
7.1	Skolenes satsing på IKT.....	85
7.2	Undervisningsmodell	86
7.3	Lærere og elevers syn på IKT	87
7.4	Oppgaveutforming, ”pensum”, læreplan og IKT	90
7.4.1	Oppgaveutforming	90
7.4.2	Læreplan og ”pensum”	94
7.4.3	Egne refleksjoner over læreplan og oppgavetyper.....	95
7.5	Prøver	97
7.6	Programvare og mulige hindringer	98
7.7	Læringsplattform	99
7.8	Roller	100
7.9	Likheter med Blomhøys kategorier.....	100
7.10	Matematisk kunnskap i IKT-alderen.....	101
7.11	Oppsummering	103
8	Implikasjoner og forslag til videre forskning.....	105
8.1	Implikasjoner.....	105
8.2	Videre forskning.....	105
9	Refleksjoner over eget arbeid.....	107
10	Litteraturliste	109
	Vedleggsoversikt.....	113

1 Innledning

1.1 Temabeskrivelse, mål og problemstilling

Temaet for oppgaven er en studie i hvordan aktiv bruk av IKT påvirker og forandrer læringsmiljøet i matematikk. Jeg er særlig interessert i å se hvordan TI Interactive fungerer i undervisningssammenheng. TI Interactive er utviklet av Texas Instruments og er en kraftig utvidet PC-versjon av deres grafiske kalkulator. Programmet åpner opp for å skrive matematisk tekst. Det kan dermed erstatte kladdeboken.

Det er gjort en god del forskning på IKT i skolesammenheng. Mye av den er spesifikk. En undersøger hvordan et program brukes i en helt spesiell undervisningssituasjon. I Norge har jeg funnet lite forskning viser hvordan IKT kan brukes i det "vanlige" klasserommet på videregående skole. Derfor vil jeg se på den normale undervisningssituasjonen. Internasjonalt har jeg heller ikke funnet mye som er direkte sammenlignbart med det jeg ønsker å studere. I Skandinavia bør en nevne Morten Blomhøjs (2003) studie av hvordan elever i videregående skole brukte IKT i matematikkundervisningen. Internasjonalt finner en mye forskning på secondary school og litt mindre som går på high school, men jeg har funnet noen rapporter, spesielt fra England. Tidligere forskning omtales i detalj i kapittel tre.

Jeg har fått tilgang til fire matematikklasser på to videregående skoler i fylket. Klassene er spredt over alle tre trinnene. Begge disse skolene satser sterkt på bruk av teknologi. De anvender matematikkprogrammer i alle ledd av undervisningen. Bruk av penn og papir er kraftig redusert. En venter at elevene skal bruke PCen som sitt primærverktøy.

1.1.1 Lærer

Et av momentene som jeg vil studere nærmere er hvordan lærerens rolle kan bli påvirket når en tar i bruk IKT. Han må kanskje gjøre nye didaktiske overveielser når han på best mulig måte skal få til en god undervisning ved bruk av ny teknologi. Flere undersøkelser tyder på at lærernes holdninger og motivasjon for å ta i bruk IKT er avgjørende for at det skal bli en suksess (Thomas, Tyrell, & Bulloch, 1996). Mange lærere mener at IKT ikke forandrer klasseromskulturen. Likevel viser forskningen at en ikke må se på IKT som et nøytralt verktøy.

Dersom integreringen skal gå bra, er lærernes kompetanse viktig. De må beherske det verktøyet de tar i bruk i undervisningen slik at de kan hjelpe elevene når de møter problemer. Dette tar tid. Blant annet viser MathsAlive prosjektet dette (Oldknow, 2005). Nyere forskning peker på at lærere ikke tar i bruk IKT av frykt for mangel på kunnskap (Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005).

Når IKT brukes aktivt, blir hele undervisningssituasjonen endret. En må tenke nøye igjennom hvordan en vil legge fram materialet, hvilke oppgaver en velger, hvordan klasserommet organiseres og hvordan programmet kommuniserer slik at elevenes interaksjon med maskinen gir økt matematisk forståelse. Boken *Teaching Mathematics with ICT* angir en rekke momenter som lærere bør merke seg når de planlegger, gjennomfører og evaluerer økter der PCen har en sentral rolle (Oldknow & Taylor, 2000).

1.1.2 Elev

Jeg vil forsøke å finne ut hvordan elevene lærer med bruk av IKT. Tilfører bruken av IKT egentlig noe nytt? Det har blitt hevdet at en i stor grad bare bruker IKT som en forsterker der

en effektiviserer allerede kjente algoritmer (Dörfler, 1993). Andre undersøkelser går i samme retning (Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005). Likevel åpner IKT opp for mange forbedringer også. Bruk av PCen gir rom for mer kommunikasjon mellom elevene og lærerne. En kan fokusere på utforskende oppgaver og på den måten stimulere til ny læring.

Blomhøj (2003) analyserte rollen avanserte IKT-programmer spilte for utvalgte elevers arbeid i matematikk på videregående skole. Han beskriver tre elevtyper sitt syn på arbeidet med IKT og matematikk.

1. Den defensive elevvirksomheten
2. Den løsningsorienterte eleven
3. Den reflekterende elevvirksomheten

Blomhøj advarer blant annet mot instrumentell kunnskap. IKT kan føre til at elevene blir flinke tastetrykkere uten at de tilegner seg vesentlig matematisk kunnskap. En av skolene jeg besøkte er svært opptatt av denne problematikken. Blomhøjs forskning blir omtalt mer i kapittel 3.4.

Hvordan IKT-programmet er tilpasset elevene har avgjørende betydning. Læringsterskelen må være overkommelig og programmet må kunne gi tilbakemeldinger som elevene kan vurdere og forstå. Blant annet viser forskningen til Blomhøj (2003) og arbeidet til Hoyles, Noss og Kent (2004) at programmenes samhandling med elevene er med på å forme deres matematiske kunnskap.

Masteroppgaven har ikke som hovedmål å gi en konklusjon på hva *en skal* gjøre når en tar i bruk avanserte dataprogram i undervisningen. Jeg ønsker heller å rette søkelyset mot en del viktige vurderinger som læreren bør tenke igjennom i forbindelse med bruk av IKT. Jeg håper å kunne formidle hvordan elevene kan oppleve en bedre læring ved bruk av dataverktøy.

1.1.3 Problemstilling:

- **Hvilke pedagogiske overveielser gjør læreren når han bruker IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer) som verktøy i læringsprosessen?**
Med pedagogiske overveielser i læringsprosessen mener jeg: Hvordan kan lærestoffet presenteres? Hvilke oppgaver og problemformuleringer skal en velge? Hvordan unngå en instruksjonspreget undervisningssituasjon? Hvordan legge til rette for kommunikasjon, interaktivitet, utforskning, evaluering og veiledning?
- **Hvordan lærer elevene matematikk ved hjelp av IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer)?**
Er det slik at IKT bidrar til instrumentell læring, eller fører den til at elevene kan bruke mer tid på forståelse og mindre tid på prosedyreregning av mange like oppgaver? Føler elevene at matematikken blir lettere å forstå når en tar i bruk IKT, eller er den bare enda et hinder? Hvilke typer oppgaver kan en lage som stimulerer til læring? Jeg vil også se etter Blomhøjs (2003) tre elevtyper. Finner en elever som misliker teknologien? Elever som kun bruker den til å effektivisere arbeidet? Eller kan en kanskje finne noen som bruker dataprogrammene til utforskning og til å gå dypere inn i matematikken?

1.2 Forventninger før datainnsamlingen startet

Så tidlig i prosessen er det vanskelig å komme med klare synspunkter om hva en forventer å finne. Likevel tror jeg at noen elever vil være svært positive til IKT-programmet, og se på det som et nyttig instrument, mens andre opplever at bruk av datamaskinen slett ikke bidrar til

forståelse av matematikken. Dette tror jeg er avhengig av hvor flinke de er til å håndtere selve IKT-programmet.

Jeg gleder meg til å få et innblikk i hvordan lærerne planlegger sine timer. Forhåpentligvis kommer det fram noen gode tips til hvordan en kan ta i bruk IKT på en effektiv og fornuftig måte.

Dörfler (1993) skriver i en artikkel at bruk av IKT i matematikk kan føre til at lærerne kun effektiviserer undervisningen og ikke tilfører alt for mye nytt. Det skal bli interessant å se hvordan lærerne har tatt høyde for at IKT skal skape forståelse og ikke bare bidra til å produsere flinke tastetrykkere. Jeg håper at det er kommet andre typer oppgaver som elevene jobber med enn de som ble brukt i min tid på videregående skole (1996 til 1999).

1.3 Metoder

I datainnsamlingen kommer jeg til å bruke både intervju og observasjoner. Seks faglærere og tolv elever fordelt på fire klasser vil bli intervjuet. Disse elevene vil jeg prøve å følge nøye i observasjonene også. Elevene skal ha varierende kunnskapsnivå. Intervjuguiden er et viktig moment. Jeg har fått inspirasjon fra en metode beskrevet i ”Det kvalitative forskningsintervju” (Kvale, 2005) og utviklet en egen modell for guiden.

I klasseromsobservasjonene kommer jeg til å anvende videokamera for å følge elever og lærere. Dette materialet kan fungere som støtte til intervjuene. Metodene blir grundig gjennomgått i del fem.

1.4 Disposisjon

Masteroppgaven er inndelt i ni hoveddeler. Først kommer innledningen der jeg omtaler problemformuleringer. Del to tar for seg en kort oversikt over IKTs utviklingstrekk innenfor skolen. I denne delen blir også TI – Interactive presentert. Tredje del beskriver det teoretiske grunnlaget for oppgaven og viser en god del av forskningen som er aktuell i denne sammenhengen. ITU-Monitor (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005) er den største undersøkelsen vi har av IKT-statusen i norsk skole. I et eget kapittel vil det bli gitt en gjennomgang av hovedinnholdet. Videre fortsetter jeg med en grundig beskrivelse av metoder og begrunner valgene som er tatt i arbeidet. Analysen følger deretter og funnene fra datainnsamlingen presenteres. I kapittel syv prøver jeg å problematisere en del av resultatene fra analysen, og se på dem både fra eget syn og det som forskningen på området sier. Samtidig vil jeg prøve å trekke noen konklusjoner i forhold til mine problemformuleringer og vise hvordan disse spørsmålene ble besvart av både lærere og elever gjennom intervjuer og observasjoner. I den åttende delen peker jeg på implikasjoner og forslag til videre forskning. Oppgaven avsluttes med noen egne refleksjoner over arbeidet. Nesten alle hoveddelene har en egen innledning der jeg presenterer kapittelets innhold.

1.5 Begreper og forkortelser

Jeg kommer til å bruke en del forkortelser. Under følger en kort gjennomgang av disse:

- TI Interactive heretter kalt TI
- Computer Algebra System heretter kalt CAS. Fellesbetegnelse for dataverktøy som kan ta seg av de fleste algebraberegningene elevene kommer bort i. Programmene kan regne både symbolsk, med tall og muliggjør manipulering av algebraiske uttrykk. (Se også kapittel 2.2 om TI.)

-
- IKT står for Informasjon og Kommunikasjonsteknologi. Beskrivelsen er en utvidelse av det gamle IT-begrepet (informasjonsteknologi).
 - Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen, heretter kalt matematikksenteret eller NSMO (<http://www.matematikksenteret.no>¹)

¹ Hjemmesiden til Matematikksenteret

2 IKT-verktøy i matematikken

2.1 Noen utviklingstrekk

Det finnes mange forskjellige matematikkprogrammer. Noen har alt befestet sin posisjon, mens andre er ventet å kunne bidra sterkere i framtiden. For å kunne si noe om fordeler og ulemper med den programvaren vi har i dag, kan det være nyttig å vite litt om historien bak matematiske verktøy. Ut fra hensikten med verktøyene, kan utviklingen kan deles inn i tre bølger. Utdraget om de tre bølgene er delvis hentet fra "Understanding and projecting ICT trends in mathematics education" (Sinclair & Jackiw, 2005).

Bølge 1: IKT for de som lærer Matematikk (ICT for learners of mathematics)

Denne teknologien fokuserte på den individuelle eleven og matematikken. Det var lite fokus på elev- og lærerrollen. Logo og CAI (computer assisted instructions) er slike programmer.

Logo er egentlig et bredt verktøy som inneholder mye forskjellig matematikk. Programmet med den lille skilpadden har vært populært i mange år. I England gikk det så langt at Logo var nevnt spesielt i læreplanen (Kilpatric & Davis, 1993). Logo fikk sin egen norske variant NorLogo. Bruken av dette programmet varierte litt fra skole til skole.

CAI-programmer er fokuserte på et avgrenset emne og viser i liten grad sammenhenger med andre temaer. Dette er ofte småprogrammer som lærerne bruker til å terpe på formler og teknikker. Interaktiviteten mellom programmet og elevene er liten i forhold til dagens CAS-verktøy der en har mange flere muligheter (se neste kapittel om TI Interactive). Elevene kan ikke gjøre mye annet enn å skrive inn svar på oppgaver som maskinen kommer med. I liten grad åpner slike programmer for manipulering med symboler. Når du har svart feil, kommer de ofte med noen hint og tips og elevene får en ny sjanse til å svare. Ofte er det slik at maskinen oppgir svaret etter at elevene har hatt et visst antall forsøk. Målet med CAI-verktøyene er å drille elevene til å klare å finne rett svar på en mengde oppgaver. CAI er i stor grad behavioristiske programmer. Disse programmene bygger på teoriene om stimuli og respons, gjort kjent av blant andre Skinner (Phillips & Soltis, 2000, pp. 39 - 55). De gir liten tilbakemelding bortsett fra rett eller galt svar. Elevene får med andre ord ikke beskjed om han har skrevet inn kommandoer som maskinen ikke forstår, slik som nyere program kan gjøre. Undervisning med slike programmer stimulerer etter min mening i liten grad til læring da elevene ikke kan gjøre mye med programmene bortsett fra å taste inn et svar og se om maskinen er enig. Mye av programvarene som kom i første bølge tok ikke mye hensyn til vanlig klasseroms praksis. Datamaskinene ble plassert i klasserommet og det ble opp til lærerne å utvikle en pedagogikk som fungerte. Likevel klarte de å skape en debatt som i noen grad førte til en ny utvikling i klasserommet der en nå måtte ta hensyn til IKT.

Bølge 2: Utvikling av læringskontekst (Developing the context of learning)

Den andre bølgen tar i motsetning til bølge en hensyn til forholdet mellom lærer-elev og læreplan. Mange av de dataprogrammene vi finner i dag hører hjemme i denne kategorien. Teknologien er rettet inn mot enkelte deler av dagens skolepensum. Likevel er den ikke helt identisk med pensum. Den kan ha andre måter for å presentere, representere og introdusere stoffet på. Noen av verktøyene på dette nivået kan også passe over flere årstrinn. Eksempler er Cabri, TI Interactive og regneark.

Cabri er et dynamisk geometriprogram med stor grad av interaktivitet. Elevene kan enkelt konstruere avanserte geometriske figurer. De kan manipulere dem og eksperimentere med

geometriske figurer ved å dra i dem. Blant annet har Mariotti (2001) gjort et arbeid der en viser hvordan Cabri sine muligheter kan brukes til å stimulere tenking om bevis innenfor geometrien. De mest kjente verktøyene i dette emnet er Cabri og Geometers Sketchpad, men det finnes også andre programmer (se: <http://fag.hia.no/kurs/ma5120/#cabri>¹).

Innenfor algebraen finnes det flere verktøy. Felles for mange av dem er at de har et godt brukergrensesnitt og gir mye større muligheter enn CAI-programmene. Elevene kan selv velge hva programmet skal gjøre. Det er ikke slik at programmet gir dem oppgaver som i CAI-teknologien. Siden jeg i masteroppgaven studerer bruken av et slikt program henviser jeg til neste kapittel om TI Interactive for videre lesing om CAS-verktøy.

Regneark er et verktøy som brukes mye i matematikken, kanskje for mye vil enkelte hevde. Det er ikke i seg selv et pedagogisk matematikkprogram, men likevel brukes det både i barneskolen og ungdomsskolen i arbeidet med funksjoner, algebra og statistikk (Breiteg & Fuglestad, 2001).

Bølge 3: Morgendagens IKT (Tomorrow's ICT)

I denne bølgen er pedagogikken i enda større fokus. En ser at det i et klasserom er mange forskjellige typer som alle har ulike behov og lærer forskjellig. Denne bølgen kom for 5-10 år siden og en del sentrale spørsmål oppstod:

- IKT kan gi støtte til den enkelte elev, men hvordan skal en undervise med et verktøy slik at hele klassen lærer?
- IKT kan hjelpe til i den matematiske utviklingen til elevene, men hvordan kan den ta hensyn til de sosiale behovene?

En av de første nyvinningene var den grafiske kalkulatoren. Den gjorde at alle fikk adgang til et sterkt og nødvendig verktøy. Forskerne påstår at IKT har forandret måten en underviser på. Det er ikke bare snakk om kommunikasjon mellom lærer og elever. En må også ta hensyn til hvordan IKT kommuniserer med elever og lærere. Dermed har kravene til lærerkompetansen også forandret seg. I tillegg til å beherske matematikken må de også ha god kjennskap til IKT-verktøy.

Bruken av IKT utenfor skolen har også økt kraftig de siste årene. Derfor er det viktig at skolen som undervisningsinstitusjon bidrar til å gi elevene en god teknologisk ballast som de kan anvende i arbeidslivet. Ofte er det slik at dataprogrammene har mange fellestrekk. Kan elevene noen dataprogrammer er det ikke vanskelig å sette seg inn i nye. Et eksempel er overgangen elevene i 3MX ved MVGS opplevde da lærerne byttet ut TI med Derive. Siden elevene behersket TI godt, tok det ikke lang tid før de hadde god kontroll over Derive da disse to CAS-programmene er ganske like i oppbygningen. Det er likhetstrekk i måten en bruker IKT på i skolen og i arbeidslivet. Elevene bruker datamaskinen som et hjelpemiddel for å lære og løse problemer, mens en i arbeidslivet også bruker PCen som et hjelpemiddel for å løse arbeidsoppgaver.

Norske utviklingstrekk

I Norge har ikke IKT i matematikken fått fast plass før på nittitallet. I flere stortingsmeldinger før den tiden ble det snakket om å kjenne til datateknologi. Teknologi var ofte skilt ut som egne aktiviteter, for eksempel EDB som valgfag på ungdomsskolen i åttiåra. L-97 og R-94 var ikke de første reformene som konkret skrev om at IKT skulle integreres i fagene. M-87 (Kirke- & undervisningsdepartementet, 1987, p. 203) definerer datalære som et eget

¹ Kursside for MA5120 i 2003, laget av Anne Berit Fuglestad

hovedmoment. Enkelte steder i landet arbeidet en mye med Logo på åttitallet. Etter dette kan det virke som om regneark i stor grad har vært synonymt med bruk av IKT i matematikken. Det har også vært en viss bruk av Cabri i geometriundervisningen (Breiteg & Fuglestad, 2001; Fuglestad, 2005).

2.2 Kort om TI Interactive

Det dataprogrammet jeg så mest i bruk var TI Interactive fra Texas Instruments (http://education.ti.com/educationportal/sites/US/productDetail/us_ti_interactive.html¹). Dette er et meget omfattende CAS-verktøy og har fått varm omtale av Oldknow (2004).

Programmet bygger på en videreutvikling av TI-83 kalkulatoren. Det inneholder elementer fra kjente verktøy som Derive og Matcad. TI var blant annet et av verktøyene som Oldknow (2005) brukte i "Maths Alive-prosjektet". Når programmet starter, får du opp et vindu som har likhetstrekk med helt vanlige dataprogram. Det er et stort hvitt arbeidsark som brukes til å gjøre matematiske beregninger på. Dette arket minner mye om en side i kladdeboken. Alle mulighetene i programmet ligger tilgjengelig bak knapper og menyer.

TI inneholder blant annet en grafplotter som lar deg manipulere forskjellige funksjoner. Det er for eksempel ikke vanskelig å tegne den deriverte og gjøre funksjonsdrøftinger når en først har definert en funksjon. TI inneholder også et regneark som har en del av de funksjonene en finner i Office-pakken. Dataeditoren for statistikk har jeg selv bare lekt litt med og ikke sett i bruk i undervisningen, men den ser ut til å være meget bra og får fin omtale i "Teaching Mathematics with ICT" (Oldknow & Taylor, 2000). For å gjøre algebraoppgaver tar en i bruk Math-boksen i TI. Her kan en skrive inn formler og løse algebra kun med symboler eller en kan regne med tall. "Tastaturet" minner mye om kalkulatoren eget display, bortsett fra at det er et kraftigere verktøy med mange flere muligheter. TI kan for eksempel faktorisere et uttrykk, regne ut grenseverdier osv. Kanskje den største styrken likevel ligger i muligheten TI gir for å koble sammen forskjellige matematiske elementer. Det er mulig å tilordne funksjonstuttrykk til variabler. Dermed kan en fortsette å regne med bare variabelen og slippe å skrive inn funksjonsuttrykket mange ganger. Definerte variabler i arbeidsarket kan også brukes i grafplotteren slik at arbeidsarket og grafplotteren kan kobles tett sammen. Dette gir gode muligheter for å vise matematiske sammenhenger. I likhet med kalkulatoren kan en koble til en datalogger. Dermed er det mulig å få "live" data som både kan analyseres statistisk og brukes til modellbygging.

TI er som mange andre dataprogram heller ikke feilfri. Blant annet regner det galt i visse situasjoner. Regner en med brøk og ser at grensen ikke eksisterer, kan en godt risikere at TI likevel gir et svar dersom en oppholder seg i grafvinduet. Jeg har selv sett svakheter i programmet i arbeid med faktorisering. Blant annet trekkes ikke maksimalt antall faktorer ut slik som en er vant til. Noen ganger lar programmet enkelte faktorer stå igjen.

Programmet viser heller ikke utregninger. En skriver inn regnestykket og får ut et svar. Elevene jeg intervjuet etterlyste nettopp dette. Selv er jeg i tvil om de ville skjønne matematikken vesentlig bedre dersom programmet viser utregninger. Datamaskinene har ofte en annen måte å regne på en det som er fremgangsmåten med penn og papir. Jeg kjenner ikke til hvordan TI er programmert for å beregne så jeg uttaler meg her basert på erfaringer fra andre programmer og den kjennskap jeg selv har til programmering. Sannsynligvis bruker dataprogrammet numeriske tilnærming til for eksempel funksjonsoppgaver. Jeg tror det fordi det gir av og til avrundet svar på både derivasjon og integrasjon, og det stemmer bra

¹ Hjemmesiden til TI Interactive

numeriske løsningsalgoritmer. Numerisk tilnærming passer dårlig med den algoritmen elevene trenes i å bruke på slike oppgaver. Dermed ville det kanskje ikke hjulpet elevene at de fikk se hele utregningene. Det vil muligens ha motsatt effekt og skape mer forvirring da numeriske beregninger ofte er svært kompliserte for det nivået videregående elever befinner seg på. Siden TI også er symbolbehandlende må det være noen programmerte regler for å gjøre dette. Hvordan disse ser ut vet jeg ikke. Det kunne vært nyttig å vite mer om dette. Dersom disse reglene er like de som elevene lærer med penn og papir, så ville det være interessant å se hvordan elevene taklet at TI viste alle utregninger og ikke bare svaret.

3 Teoretisk oversikt

Den teoretiske delen av oppgaven består av sju deler. Det første kapittelet handler om hvordan elever lærer ut fra Piaget og Vygotskys teorier. Disse to personene representerer forskjellige retninger innenfor læringsteori. Deres syn på læring passer inn med bruk av IKT, og bør derfor drøftes nærmere. Jeg retter også fokuset på ordene kunnskap og forståelse, fordi et av masteroppgavens mål er å finne ut om elevene mener IKT gjøre det lettere å forstå deler av matematikken. I problemformuleringen snakker jeg om både lærere og elever. Derfor er det tatt med to kapitler som viser litt om hva litteraturen sier om lærere og elevers opplevelser, erfaringer og syn på IKT-bruk i matematikken. Jeg har valgt å ta med to store undersøkelser som har mange likhetstrekk med det jeg selv har observert i min datainnsamling. Disse er presentert i kapittel 3.4. Noen av de pedagogiske utfordringene litteraturen sier at undervisningspersonell må takle omtales i kapittel 3.5. Teoridelen avsluttes med et noen betraktninger om hvorfor ikke IKT har en større plass i matematikken, og hva læreplanen sier at elevene skal kunne anvende av teknologi.

3.1 Læringsteorier, kunnskap, kompetanse, IKT-metaforer og eget læringssyn

3.1.1 Læringsteorier

Psykologen Piaget utviklet en egen læringsteori. Når barn lærer noe nytt, danner de sine mentale skjemaer for den nye lærdommen. Piaget definerte to begreper: akkomodasjon og assimilasjon. Assimilering inntreffer når kunnskap integreres i et eksisterende skjema. Dersom det ikke finnes noe skjema som ny kunnskap passer inn i må akkomodasjon til. De gamle skjemaene gjennomgår da en reorganisering og utvidelse. I følge Piaget ønsker man alltid å ha likevekt (ekvilibrum). Derfor må en av de to ovennevnte operasjonene inntreffe når barn tilegner seg ny kunnskap (Imsen, 2001; Solvang, 1992, pp. 88 - 107).

Manipulering av konkrete objekter er basis for kunnskapsutvikling hever mange psykologer, deriblant Piaget. Spesielt gjelder dette for matematikkfaget (Dickson, Brown, & Gibson, 1995). Muligheter for å manipulere og eksperimentere med matematiske objekter er en av styrkene til et CAS-verktøy (Johnston-Wilder & Pimm, 2005; Oldknow & Taylor, 2000). Dermed passer bruken av IKT rett inn i Piagets teorier. Piaget gjør et skille mellom figurativ og operasjonell kunnskap. Figurativ læring er ofte utbredt i skolen. Elevene pugger formler og klarer ikke alltid å sette disse inn i rett sammenheng. Operasjonell kunnskap dannes når noe nytt tilpasses i et generelt skjema slik at kunnskapen ikke er bundet fast til en bestemt operasjon (Imsen, 2001, pp. 88 - 107). Det bør også nevnes at det er reist flere kritiske spørsmål til Piagets læringsteorier. Hundeide (1977) mener det er en svakhet at Piaget ikke legger mer vekt på språket. Innenfor geometri har det også vært rettet spørsmål om Piagets bruk av logiske strukturer holder mål (Clements & Battista, 1992).

I likhet med Piaget jobbet den sovjetiske psykologen og pedagogen Vygotsky med kunnskapsutvikling hos barn. Han ser på læring ut fra et annet perspektiv enn Piaget, og det kan se ut som at de ikke er helt ening. Læring skjer gjennom sosial interaksjon, og språket er svært viktig, hevder Vygotsky (Säljö, 2002). Han forkaster ikke de kognitive teoriene eller ideene til behavioristene. Men han mener at læring må ses på som resultat av flere ulike utviklingsprinsipper (Imsen, 2001, pp. 152 - 172). Han definerte et barns utviklingszone som et nøkkelbegrep. Vygotsky definerte to soner (Mellin-Olsen, 1989; Säljö, 2002):

1. Oppgaver som barnet er i stand til å løse på egen hånd uten hjelp.

-
2. Oppgaver og problemer barnet kan klare å løse med hjelp fra andre. Når en er på dette nivået forstår en resonnementer, men kan ikke klare å utføre de selv,

En må ikke se på mennesker som at de er frosset fast i et stadium. Undervisningen må legges opp slik at elevene har noe å strekke seg etter. Det er her den andre sonen kommer inn.

Samarbeidspartnere og veiledning er viktig for elevens læring. Utfordringen ligger i å kunne utnytte den andre utviklingssonen gjennom samhandling slik at en lærer noe nytt.

Samhandling og veiledning betyr ikke at en mer erfaren skal overta arbeidet. Det gjelder å finne balansegangen slik at det er eleven som lærer noe nytt, og ikke bare får løsninger ferdig servert. Säljö (2002) beskriver læring ut fra Vygotskys prinsipper som en syklus i tre stadier:

1. Innledende stadium der en trenger hjelp for å beherske en ferdighet.
2. Et stadium der en har en viss kontroll, men fortsatt trenger videre veiledning.
3. Det avsluttende stadium der oppgavene kan utføres uten støtte utenfra.

Säljö sier at denne støtten ikke trenger å være en person. Dermed åpner han opp for at læring kan skje gjennom redskaper, for eksempel IKT.

Vygotsky studerte hvordan mennesker får kunnskap gjennom personlige erfaringer og gjennom å lese tekster. Hverdagslige begreper utvikles gjennom opplevelser og konstrueres umiddelbart. De vitenskapelige begrepene formidles ved hjelp av undervisningsmateriell.

Vygotsky hevder at et matematisk begrep består av selve begrepsuttrykket og begrepsinnholdet. Innholdet vil variere fra menneske til menneske. Uttrykket er den språklige fremstillingen av tanker og meninger. De ovennevnte begrepene er avhengig av hverandre og påvirkes av språket. Vygotsky deler språket i to ordner:

1. Språk som ikke trenger oversettelse, også kalt dagligspråket.
2. Språk som trenger oversettelse gjennom 1.orden. Dette er fagspråk som for eksempel matematiske begreper.

(Johnsen Høines, 1987; Mellin-Olsen, 1989; Säljö, 2002)

Vygotsky sine teorier er interessante ut fra flere perspektiver i mitt arbeid. Senere vil jeg vise flere sekvenser som omhandler dialoger mellom elever og lærere. I disse samtalene står datamaskinen sentralt og en bruker den som middel for oversetting fra 2.ordens språk til 1. orden.

3.1.2 Matematisk kunnskap

I arbeidet med masteroppgaven har begrepet kunnskap stått sentralt. Når elever arbeidet foran PCen fryktet flere av lærerne at de mistet noe kunnskap. De blir kun flinke til å trykke på tastaturet, hevdet de i intervjuer med meg. Buchberger (1989) går så langt at han hevder elevene må kunne gjøre utregninger for hånd først før de tar i bruk CAS i frykt for at de skal miste kunnskap. Dette synet støttes også av Pierce (1999). Også i nyere forskning rapporterer lærerne at de frykter IKT svekker basiskunnskapen til elevene (Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005). Hva er så egentlig kunnskap, og hvordan kan en tilegne seg kunnskap? I matematikken snakker en ofte om to typer kunnskap eller forståelse. Relasjonsforståelse (relational understanding) og instrumentell forståelse (instrumental understanding) (Skemp, 1976) er sentrale begreper når en skal diskutere om elever kun blir tastetykkere eller virkelig forstår matematikk når de bruker IKT. Førstnevnte definerer Skemp som å vite hva en skal gjøre og hvorfor en skal gjøre det. Instrumentell forståelse er å kunne bruke en bestemt regel på et problem uten å vite hvorfor akkurat denne regelen virker (Skemp, 1979). I følge Skemp (1976) har vekt på instrumentell forståelse tilsynelatende flere fordeler. Det er lettere å få tak på fremgangsmåten og elevene får flere rette svar da det bare er å anvende samme metode på en rekke like problemstillinger. Dermed kan svakere elever oppleve mestring, men i det lange løp er relasjonsforståelse viktigere hevder Skemp. Denne typen kunnskap er enklere å

anvende på flere typer oppgaver. Elevene kan lettere bygge opp en større kunnskapsbase med forståelse av sammenhenger mellom ulike matematiske begreper. Lampert (1990) laget et undervisningsopplegg der hun utfordret elevene til å forklare hvordan de tenkte. Hun ønsket å ta vekk litt av fokuset på at matematikk kun består av rett og galt svar. Lampert gjorde et skille mellom "knowing mathematics and doing mathematics". Førstnevnte er å kunne reglene som skal til for å løse et problem, mens det siste er å vite når reglene skal brukes.

Hiebert og Lefevre (1986) skiller mellom begrepskunnskap (conceptual knowledge) og prosedyrekunnskap (procedural knowledge). Begrepskunnskap er rikt på sammenhenger, og den utvider seg ved at en konstruerer nye relasjoner. Prosedyrekunnskap vil si at en elev kjenner til symbolers utsende og kan regler for hvordan de brukes. Eleven kjenner likevel ikke betydningen til symbolene. Prosedyrekunnskap er også å kunne utføre en algoritme for å løse en oppgave/problem når løsningsprosedyren er i en gitt rekkefølge. Eleven trenger da ikke å skjønne stegene i prosessen, men kun klare å utføre den.

En del av matematikken består i å kunne se sammenhenger mellom ulike matematiske emner som for eksempel funksjonsuttrykk, likning, graf og verditabell. Dermed blir begrepskunnskap viktig. Det er umulig å huske alle prosedyrer. Algoritmer som pugges gir bedre mening når eleven forstår dem. Derfor er meningsfull læring viktigere enn pugg. Meningsfull læring skjer når det oppstår relasjoner mellom kunnskapsbiter (Hiebert & Lefevre, 1986).

I boken "Windows on Mathematical Meanings" (Noss & Hoyles, 1996) hevdes det at matematisk forståelse kan komme ved bruk av PC. Boka beskriver undervisning med Logo og forfatterne viser til eksempler der de mener at interaksjonen mellom elevene og verktøyet gjør at de konstruerer kunnskap. Noss og Hoyles skriver mye om at oppgaveutformingen er viktig for å oppnå slik effekt. Kunnskapen som kommer gjennom å bruke IKT som medium er meget robust, hevder de.

3.1.3 Matematisk kompetanse

Nyere forskning definerer matematisk kompetanse forskjell fra matematisk kunnskap. I rapporten "Kompetencer og matematikklæring" (Niss, 2002) presenteres åtte kompetanser som har gyldighet over alle utdanningsnivåer:

1. Tankegangskompetanse: Kunne utøve matematisk tankegang.
2. Problembehandlingskompetanse: Kunne formler og løse matematiske problemer.
3. Modelleringskompetanse: Kunne analysere og bygge matematiske modeller.
4. Resonnementskompetanse: Kunne resonere matematisk.
5. Representasjonskompetanse: Kunne håndtere forskjellige representasjoner av et matematisk saksforhold.
6. Symbol- og formalkompetanse: Kunne håndtere det matematiske symbolspråket og matematiske formalisme.
7. Kommunikasjonskompetanse: Kunne kommunisere i, med og om matematikk.
8. Hjelpemiddelkompetanse: Kunne betjene og forholde seg til hjelpemidler for matematisk virksomhet.

Hjelpemiddelkompetanse har i følge Niss (2002) følgende karakteristik: En skal ha kjennskap til eksistensen og egenskaper til mange former for matematiske redskaper. Det er viktig å ha innblikk i deres muligheter og begrensinger, og kunne være i stand til å bruke disse på et reflektert vis. Niss sier at en må ikke se på denne ene kompetansen uavhengig av de andre. Men at den går inn i alle de andre, særlig representasjon og problembehandling. ITU Monitor 2005 (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby) skriver om digital kompetanse og

fokuserer da på læringsstrategier. Dette mener de er å kunne organisere, regulere og på en effektiv måte kunne planlegge og løse problemer. Utvikling av gode strategier er viktig når en tar i bruk IKT for å løse matematiske problemer. I intervjuene har jeg blant annet spurt elevene om å forklare sine strategier og begrunne valgene de gjør ved anvendelse av datamaskinen for å løse oppgaver. Mange av de spørsmålene og utfordringene elevene ble stilt over for krevde at de til en viss grad behersker flere av Niss sine kompetanser.

I en artikkel hevder Dörfler (1993) at vi bør ta i bruk IKT mer aktivt som et kognitivt verktøy i problemløsning. Lærere kan utnytte de muligheter datamaskinen gir for forskjellige fremstillinger av f.eks. grafer. Dermed har en fått et verktøy som kan hjelpe til med å sortere tankene og begrepene. Nyere litteratur snakker også mye om å bruke IKT som et kognitivt verktøy. Til forskjell for Dörfler tar de også høyde for teknologisk kompetanse. Denne retningen har blant annet de franske forskerne stått for. Det er snakk om instrumentell tilnærming (instrumental approach). Dette må ikke forveksles med det vi vanligvis kaller for instrumentell forståelse (Skemp, 1976) som kommer til uttrykk ved å trykke på tastaturet og godta svaret uten å ha forstått noe av matematikken. I instrumentell tilnærming inngår to begreper: artifakt (artifact) og instrument. Det førstnevnte kan sees på som et objekt skapt fysisk eller konstruert mentalt. Et eksempel på et slikt objekt er en symbolsk kalkulator. Instrument er ikke noe som eksisterer i seg selv, men det konstrueres psykologisk. Instrumenteringen oppstår når eleven eller læreren tar i bruk artifakten (Trouche, 2004). Denne instrumenteringsprosessen har noen begrensninger. Først er hardwaren i artifakten en begrensning for hva verktøyet kan utføre. Det neste er syntaksen i programmet. Hvordan kan brukerne lære seg å håndtere den på en effektiv måte? Det siste punktet som nevnes er organisatoriske begrensninger. Her menes det hvordan grensesnittet i artifakten kommuniserer med brukeren. Guin og Trouche (1999) og Trouche (2004) snakker om metaforen "instrumentell genesis". Det definerer de som å gjøre CAS-verktøy til et effektivt hjelpemiddel i den daglige undervisningen. Men for å komme så langt må eleven inneha både teknisk og matematisk kompetanse. Lagrange (1999) er inne på mye av det samme. Han presiserer at det kreves mye trening før eleven har den kompetansen som skal til for å utnytte verktøyet. Papir og blyant kan miste litt av viktigheten samtidig som teknikken blir viktigere. Den franske retningen kommer jeg ikke til å benytte meg av fordi den inneholder en del meget abstrakte begreper som kan være vanskelig å forstå fullt ut. Deres måte for å studere samhandling mellom IKT, elever og lærere er likevel viktig å kjenne til. Mye nytt arbeid tar i bruk ovennevnte begreper og deres måte å tenke på. Derfor er det viktig å ha en viss forståelse av disse ordene slik at en skjønner det en leser.

3.1.4 Fire metaforer om IKT i matematikken

Artikkelen "Perspectives on technology mediated learning in secondary school mathematics classrooms" (Goos, Galbraith, Renshaw, & Geiger, 2003) rapporterer fra et tre år langt stadium som undersøker IKTs rolle i undervisningen. De fokuserer spesielt på teknologi som et verktøy integrert i matematikkundervisningen. Datainnsamlingen foregikk over tre år fra 1998-2000. Den involverte tre skoler med flere klasser på hver skole i deres 11. og 12. skoleår. Forfatterne har definert fire forskjellige metaforer for IKT-bruken. Disse metaforene ble definert ut fra observasjonene de gjorde.

1. **Teknologien som mester:** Lærere og elever er skeptiske til teknologien da deres egen kunnskap er begrenset til kun noen få operasjoner.
2. **Teknologien som støtte:** En bruker teknologi som erstatning for andre hjelpemidler. For eksempel en bruker PC i stedet for kalkulator. Elevene gjør akkurat det samme som før, ingenting er forandret bortsett fra at en tar IKT mer i bruk. En utnytter ikke potensialet i IKT.

-
3. **Teknologi som en partner:** Her er IKT brukt kreativt til å øke elevens læring. De bruker IKT på nye og eksisterende oppgaver. Elever prøver ulike tilnærminger til oppgaver. Denne kognitive reorganiseringen kan føre til bedre og dypere forståelse.
 4. **Teknologi som en forlengelse av selvet:** Dette er den mest avanserte formen. Lærerne ser på IKT som en del av sin ekspertise og sitt pedagogiske repertoar. Elever ser på IKT som en del av sitt vanlige verktøy og evner å ta det i bruk når det er fornuftig.

Denne artikkelen har mye til felles med Blomhøys (2003) forskning (Blomhøj presenteres grundig i kapittel 3.4). Fokuset er likevel litt annerledes. Punkt to og tre i metaforene påpeker et sentralt moment i min problemformulering. Hvilke overveielser gjør læreren for å unngå at det blir instrumentelt og en erstatning for papir og blyant? Måten IKT kan fungere som et kognitivt verktøy har vært et viktig poeng i min forskning. Å kunne bruke IKT til å vise nye representasjonsformer kan kanskje gi noen elever nye innfallsvinkler slik at de forstår matematikken bedre.

3.1.5 Eget syn på læring

Mot slutten av dette kapitlet vil jeg å si litt om mitt eget syn på læring. Å si at jeg støtter en bestemt retning blir feil. Jeg støtter meg mest til Vygotskys teorier, men ser at de andre retningene også har noe fornuftig å bidra med. Selvfølgelig er det ønskelig at en skal vektlegge relasjonsforståelse som nevnt på forrige side, men av og til mener jeg at det kan være fornuftig å lære regler og prosedyrer. Noen temaer innefor matematikken er slik at elevene ikke trenger å skjønne alt, og da kan en like godt legge vekten på å anvende kunnskapen fremfor å forstå helt nøyaktig hvordan den aktuelle formelen eller algoritmen er oppbygd. Her har datamaskinen helt klart en fordel ved at den kan regne ut det meste slik at elevene kan fokusere på anvendelse.

I det lange løp er det viktigste at elevene har begrepskunnskap og relasjonsforståelse slik at han/hun kan anvende kunnskapen i flere sammenhenger og ikke bare på et lite område innenfor matematikken. Jeg mener at en i undervisningen må legge hovedvekten på forståelse og ikke drive for mye drilling av teknikker. I denne sammenheng tror jeg IKT kan bidra. Ved å ta i bruk et kraftig verktøy som gjør at en kan drive undervisningen på en annen måte kan muligens elevene lære matematikk bedre. I analysen vil jeg vise flere eksempler fra funksjonsdrøfting der elevene som har god forståelse av begreper knyttet til dette temaet lett kan utnytte verktøyet til å løse en rekke problemer.

Jeg mener at det nesten ikke går an å lære seg matematikk uten jevn god innsats i faget over lengre tid. Matematikk er et arbeidsfag som krever at elevene avsetter nok tid til refleksjon dersom som de skal mestre det.

3.2 Læreres syn på IKT

Planlegging av hvordan IKT anvendes har vært et hovedpoeng i intervjuene med lærerne. Dörfler (1993) kommer i en artikkel med flere viktige momenter som en bør ta i betraktning når IKT anvendes for å stimulere læring. Dörfler henviser blant annet til Pea som hevder at lærere ofte bruker IKT som en forsterker der de effektiviserer allerede kjente algoritmer. Egentlig tilføres ikke noe nytt. Gevinsten er at en kan ta unna mer arbeid fortere, og får frigjort kapasitet til å utforske og organisere de problemstillinger en kommer opp i. Liknende funn blir også bekreftet av Hennessy, Ruthven og Brindley (2005). De viste til at lærerne sa at de i stor grad bruker IKT til å effektivisere undervisningen.

I flere av intervjuene mine fremhevet både lærere og elever at de nå jobbet mer realistisk med matematikken. Dörfler (1993) skriver at det bør være en selvfølge at elever jobber med matematikken på samme måte som de gjør i arbeidslivet. Dermed må skolene ha tilgjengelig en god del programvare. Elevene må trenes i å gjøre fornuftige valg av programvare og arbeidsmåter i faget. I Nederland har en retning kalt "Realistic mathematics education" (RME) fått stor gjennomslagskraft. Den vektlegger at læring skal skje ved bruk av matematikk som elevene finner virkelig og realistisk. Gjennom arbeid med oppgaver skal de selv utvikle problemløsningsstrategier. Samarbeid mellom elever og lærere er sentralt i RME fordi diskusjoner er en viktig del av læringsprosessen. Pensumet i RME bør være godt integrert slik at elevene utvikler evner til å se forbindelser mellom ulike matematiske temaer. I slik sammenheng ser Drijvers (2000) at CAS kan ha både fordeler og ulemper. Det teller positivt at IKT frigjør kapasitet slik at elever kan fokusere på strategi og planlegging fremfor kronglete regning. I negativ retning påpeker Drijvers flere CAS-problemer relatert til RME-tradisjonen. Blant annet slet elevene med å finne ut hvordan verktøyet kunne hjelpe dem. De behersket rett og slett ikke utstyret. Dette problemet kom til synet i arbeidet med variabler. Der oppstod det problemer med å skrive inn kommandoer rett slik at maskinen utførte beregningene korrekt.

Det er gjennomført flere store undersøkelser der lærere har uttalt seg om hva de mener er god bruk av IKT. I en studie utført av Ruthven, Hennessy og Brindley (2004) på seks videregående skoler i England studerte forskerne hva læreren selv mente var vellykket bruk av IKT. Under følger noen av de funnene:

- Det var tidsbesparende.
- Elevene kunne levere "pene" og profesjonelle produkt.
- Kunne brukes til å sjekke om det de gjorde var rett.
- Viktig støtte i arbeidsprosessen.
- Bruk av IKT skapte variasjon i klasserommet.
- Aktiviteter ble mer spennende, brukte mindre tid på kjedelige utregninger.
- IKT effektiviserte prosesser slik at elevene kunne fokusere på forståelse av oppgaver.

Ruthven (2005) viser i en annen artikkel til mange av de samme funnene.

I artikkelen "Using Computer in the Mathematics Classroom: The role of the teacher" (1996) viser Thomas, Tyrell og Bulloch hvordan både erfarne og uerfarne lærere møtte utfordringer når de tok i bruk IKT i matematikken. Artikkelen nevner to viktige aspekter for en vellykket implementasjon: lærersupport og at lærerne er positive til slike prosjekt. Da de tok i bruk datamaskinen opplevde lærerne flere positive trekk. Klasserommet ble mer åpent og demokratisk. Diskusjonene ble mange og gode. Læreren forandret sin rolle til mer å bli en veileder og mindre en som vet svaret. Elevene kunne i større grad drive med utforskning og problemløsningsoppgaver fordi IKT gav dem mer regnekraft til uttesting av hypoteser. Lærere fra ITU Monitorundersøkelsen (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005) sa også mye av det samme. Når lærerne mestret IKT så ble klasserommet mer åpent og differensieringen gikk lettere. IKT hadde en positiv innvirkning på elevenes prestasjoner. I Japan viser undersøkelser at elevene som brukte IKT førte til mer "conjecturing" (kvalifisert gjetting), utforskning og manipulering. Rollene til lærerne og elevene forandret seg. Mengden kommunikasjon økte. Læreren var ikke lenger en som demonstrerte, men han utforsket i samarbeid med elevene (Hudson & Borba, 1996). Noss og Hoyles (1996) peker på at lærerne opplevde en liten endring i pedagogisk holdning. For lærere som tar i bruk PCen for første gang, så gir IKT nye muligheter til andre aktiviteter som før var umulige. Datamaskinen blir en ressurs for å gjennomføre nye ideer. Ved at datamaskinen åpner opp for mer refleksjon forandrer lærerne sine roller til å bli mer en veileder. Noss og Hoyles mener at det er ingen "snarvei" til å få en

effektiv implementasjon. Det viktigste mener de er lærerens holdning og hvordan aktiviteter med PCen gjennomføres.

Det er først fra midten av 90-tallet og fram til nå at det er gjort mye forskning på lærerens rolle i IKT, hevder Ruthven¹. Han begrunner dette med at det fra 80 åra og i ca. femten år fremover fokuserte forskerne mye på Logo og individualisert læring. Undervisningspersonalet kom i skyggen. Dette er etter hans syn galt. Grunnen til at lærerne ikke kom i fokus tidligere skyldes at forskerne ikke var opptatt av deres rolle. De mente at programmene kunne "erstatte" lærerne og dermed var det ikke viktig å fokusere på hvordan de tok i bruk IKT. Det enkelte individ var det viktigste og en så ikke på hele undervisningssituasjonen. Dette synet hadde en del av forskerne som dominerte på 80-tallet, sa Ruthven i intervjuet jeg hadde med ham.

3.3 Elevers syn på IKT

Det er gjort flere store undersøkelser i England som viser hvordan elever ser på bruken av IKT. Gjennom intervjuer har Deane, Ruthven og Hennessy (2003) funnet ut følgende: Elevene mente at grafutforskning ble letter med IKT. Samtidig fryktet at de mistet litt kontroll og oversikt når de tok i bruk PCen. Ved å ta i bruk ny teknologi økte kvaliteten på det skriftlige arbeidet, og motivasjonen ble bedre. Selv om introduksjon av datamaskiner forandret klasserommet, var læreren fortsatt den viktigste formidleren av kunnskap. Elevene så ikke på IKT som noe de kunne lære med, men mer som et verktøy til bruk i matematikken. Liknende funn viser også Hudson og Borba (1996). I deres foredrag på ICME 8 fremhevet de at i et teknologiklasserom er læreren fremdeles den viktigste ressursen. De mener IKT kan sees på som en motivasjonsfaktor i seg selv og begrunner det ut fra rapporter fra mange land. Noss og Hoyles (1996) viser til uttalelser fra elever der de sier at datamaskinen gjør det mer morsomt og utfordrende å jobbe med matematikk.

I litteraturen finnes det også eksempler som viser negative tendenser ved bruk av IKT.

Undersøkelser utført av Povey og Ransom (2000) avdekket to temaer:

1. De fryktet at teknologien med dens hastighet og enkle metoder kunne hindre refleksjon. Flere elever fremhevet at det tar mer tid med penn og papir og denne tiden brukes til refleksjon, mens IKT gir raske svar og ikke åpner for refleksjon. Oversikt over prosessen ser ut til å være et stikkord.
2. Det andre temaet gikk på kontroll. En fryktet at det var PCen styrte og ikke en selv. Det ser ut til at de fleste studentene er opptatt av å forstå matematikken. De likte ikke å bare trykke på knapper å se på at maskinen gjorde alt.

Povey og Ransom baserte seg på data fra engelske "undergraduate" som brukte mye IKT i matematikken. Data ble samlet inn gjennom frivillige loggbøker. De har selv uttrykt en viss skepsis fordi bare flinke elever har tatt del i prosjektet. Derfor er det mulig at data er skjevt fordelt. Dermed er det grunn til å ikke stole for mye på resultatene, mener forskerne. Drijvers (2000) viser til lignende funn. CAS verktøy inneholder så mye matematikk at elevene mener de ikke trenger å lære mer. Han viser til en undersøkelse der elevene også uttrykte seg skeptisk til at CAS kun ga svar. De ønsket å vite hva som skjedde i maskinen. Dette er en sunn holdning som må utnyttes positivt. Det vitner om at elevene vil lære noe og ikke bare godtar svar. Dermed er faren for at de kun blir flinke tastetrykkere mye mindre.

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O.E. Rossevatn høsten 2005

3.4 Større IKT-prosjekter

”Teachers’ activities in technology-based mathematics lessons” (Monaghan, 2004) rapporterer fra et prosjekt i videregående skole i England. Der fulgte forskeren tretten lærere ved syv skoler som ikke hadde brukt IKT mye i undervisningen, men som nå tok det i bruk. Data ble samlet inn ved hjelp av lærerjournaler, observasjon i timer og intervjuer av lærere og elever. Lærernes aktiviteter i timene ble klassifisert og studert ut fra Saxes (1991) fire parametere. Jeg gjengir parameterne her slik de står omtalt i Monaghan (2004):

- *Activity structures: Består generelt sett av oppgaver som må løses.*
 - Det var stor forskjell mellom timene med og uten teknologi. De vanlige timene foregikk ved at en hadde litt gjennomgang i starten og så fortsatte elevene med å løse oppgaver. I timene med bruk av IKT holdt lærerne en kort introduksjon deretter gikk elevene i gang med å bruke PCen. Lærerne gikk da rundt og hjalp til med tekniske og matematiske spørsmål.
- *Social interactions: Forholdene mellom deltakerne, dvs. lærer - elev, elev - elev.*
 - Lærerne tilbrakte mindre tid foran hele klassen i IKT-undervisningen. IKT ble ofte brukt til å uttrykke matematikk, ikke bare å løse oppgaver. Elever og lærere nyttet IKT for å få i gang prosesser rundt utforskning og refleksjon.
- *Conventions and artifacts: Her vil dette si PC med programvare.*
 - Å ta i bruk IKT innebærer ikke bare fokus på hardware og software, men en må også studere oppgavens utforming. De fleste lærerne følte at bruk av lærebok var vanskelig i IKT. Dette synet forandret seg litt underveis i løpet av året.
- *Prior understanding: Her vil det si lærerens matematiske og pedagogiske kunnskap som han tar med seg inn i undervisningen.*
 - Det blir blant annet hevdet at lærere ofte blir usikre og ikke tar i bruk IKT fordi de ikke klarer å tolke svaret som maskinen kommer med.

Timene som her beskrives har store likhetstrekk med mine observasjoner. Det første punktet er direkte sammenlignbart med mine opplevelser fra den ene skolen. Problemene rundt arbeidsoppgaver og lærestoff ble også mer og mer sentralt i intervjuene med lærerne.

I Danmark har Morten Blomhøj (2003) studert elevers bruk av avanserte matematiske programmer. Fra 1995 - 1998 ble det ved to videregående skoler utført forsøk med integrasjon av IKT i engelsk og matematikk. Elevene fikk hver sin bærbare PC med nødvendig programvare. Tanken var at IKT skulle være det primære redskapet i alle de teoretiske fagene. Blomhøj diskuterer vilkårene for hvordan elevene kan bygge opp matematisk kunnskap i datamaskinbasert miljø. I tillegg ser han på den kompetansen lærerne må ha, og på viktige forutsetninger for å kunne integrere IKT i skolen. Data ble samlet inn ved observasjoner og intervjuer. Blomhøjs rapport har vært en av inspirasjonskildene under utarbeidelsen av intervjuguiden og prosjektskissen. Hans tre elevtyper er et av momentene som vil bli diskutert nærmere i kapittel syv. Prosjektet fra Danmark har også store likhetstrekk med datamaskinbruken på de to skolene jeg besøkte.

Undersøkelser fra Danmark viser at lærerne ofte nesten driller elevene i faste algoritmer og lærer dem metoder for å løse kjente matematiske oppgavetyper slik at de klarer eksamen. Bruk av IKT til utforskning og bruk av IKT til å ta over en del av standerutregningene har ikke ført til noen forandring så langt (Blomhøj, 2003).

Ut fra intervjuene og observasjonene identifiserte Blomhøj (2003) tre typer elevvirksomheter:

1. *Den defensive elevvirksomheten:* I enkelte av oppgavene hadde elevene et uklart bilde av de matematiske begrepene. De hadde utpregede defensive strategier når de forklarte

sine svar og ble lurt til å tro at de kunne matematikk ved at verktøyet utførte mye av arbeidet for dem.

2. *Den løsningsorienterte eleven:* I en stor del av oppgavene hadde elevene svart rett eller delvis rett. Men de reflekterte lite og begrunnet ikke sine svar. Disse elevene uttrykte likevel at de effektivt utnyttet IKT. Elevene søkte å oppfylle kravene i oppgaven, verken mer eller mindre. De hadde et syn på at IKT lar de få utført jobben sin lettere og raskere.
3. *Den reflekterende elevvirksomheten:* Denne virksomheten kjennetegnes ved at elever stanset opp og prøvde å reflektere over det de hadde gjort. De satte svarene inni en sammenheng og vurderte om programvaren de brukte var til hjelp.

Da en introduserte IKT så forandret innholdet i timene seg. IKT åpnet opp for nye muligheter. De tre elevtypene viser at det er et behov for differensiering. I prosjektet som det her refereres til førte ikke IKT til noen revolusjon. Elevene lærte ikke noe fortere. Virkningen var først og fremst at de ble bedre i IKT.

Tilrettelegging av IKT-basert undervisning stiller store krav til lærerne (Blomhøj, 2003). En må tenke igjennom hvordan en vil presentere stoffet? Hvordan elevene skal arbeide med emnet? Hvordan en kan motivere dem? Hvordan en skal utfordre dem til eksperimentering? Hvordan en skal sikre seg at de forstår oppgavene og det matematiske innholdet? Dette krever at læreren ikke bare har gode pedagogiske og matematiske evner, men at han også behersker IKT. Den pedagogiske kompetansen drøftes nærmere i neste kapittel.

3.5 Pedagogisk kompetanse

IKT bør bare tas i bruk dersom det fremmer læringsprosessen, og den bør være direkte relatert til læringsmålet. En bør klargjøre om målet er å effektivisere undervisningen eller at elevene skal lære noe nytt (Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005; Oldknow & Taylor, 2000).

Ruthven¹ kommer med flere viktige momenter som han mener er kritiske faktorer undervisningspersonell bør ta hensyn til når de tar i bruk IKT. Er læringsterskelen til programvaren så høy at den kan bli et problem? Hvordan kan en løse problemet med at ikke alle har tilgang til IKT utenom skolen? Lærerne må ta stilling til hvilke deler av pensum IKT bør brukes i. Ikke minst må en se på hvor lang tid det tar å komme igjennom pensum med IKT. Vil innlæringen ta såpass lang tid at det går ut over kvaliteten på undervisningen (Ruthven, 2005)?

Flere fremhever skolens rolle og kompetanse som viktig, deriblant Ruthven¹. Mange mener at det ikke går an å få til en vellykket IKT-bruk uten at skolen som institusjon er drivkraften. Satser en bare på at noen få lærerindivider skal stå for alt, blir en fort sårbar. Derfor er det viktig at en får med seg mange i kollegiet når en satser på IKT. Kollegial støtte ved at en utvikler oppgaver som andre også kan bruke er et eksempel. Kursing og kompetanseutvikling blant lærerne fremheves ofte som viktig. Dessuten bør det herske et godt samarbeid innenfor matematikkavdelingen slik at en kan utnytte hverandres styrker i arbeidet med matematikk og IKT. (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005; Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005).

Med bruk av mer teknologi i timene forandrer også kravene til kompetanse seg. I *Teaching Mathematics with ICT* (2000) sier Oldknow og Taylor litt om hva en kan forvente av en lærer som bruker IKT. Lærere bør være kompetente til å bruke IKT slik at det støtter det pedagogiske arbeidet. De må forstå hvordan en kan nå læringsmålene ved bruk av IKT, og

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O.E. Rossevatn høsten 2005

identifisere hvordan en kan sjekke om elever har lært noe. Læreren må passe på at ikke IKT overtar hele fokuset. Det er viktig å være oppmerksom på forskjellene i hvor mye IKT elevene kan på forhånd. Dette bør en tenke på når en skal planlegge hvordan en skal hjelpe den enkelte. Oldknow og Taylor mener også at lærere bør ha en viss teknisk kompetanse slik at de ikke er avhengig av systemteknikkere hver gang de får problemer. Tekniske problemer ser ut til å være en av de største utfordringene. ITU Monitor 2005 (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005) avdekker at mange lærere oppgir mangel på teknisk kompetanse og systemsvikt som en hovedårsak til deres negative syn på IKT. Flere av lærerne jeg intervjuet oppgav også at mangel på kompetanse og ustabile PCer var et hinder for deres undervisning.

En av de største hindringene som avdekkes i litteraturen, ligger i selve CAS-programmet. Måten disse programmene er bygd opp på med en streng syntaks og "rare" uttrykksmåter kan for mange virke fremmede. En jobber forskjellig på et CAS-verktøy i forhold til penn og papir-metoden, og dette kan være en hindring for læring (Drijvers, 2000; Guin & Trouche, 1999). Guin og Trouche mener at en rett og slett bare må pugge deler av syntaksen for å bli gode til å bruke CAS. En annen utfordring med CAS er å kunne tolke svaret. I flere av observasjonene jeg gjorde var det tydelig at elevene ikke alltid skjønnte hva maskinen svarte, og hva dette svaret betydde. Dette fenomenet er også påpekt i arbeider til Drijvers (2000) og Pierce og Stacey (2004).

IKT gir muligheter til å se matematikken i nye sammenhenger. Grafer, verditabeller og funksjonsuttrykk bindes tettere sammen. Utforskning og problemløsning blir lettere. Statistikk og sannsynlighetsoppgaver kan utføres effektivt og bedre med bruk av IKT (Drijvers, 2000; Johnston-Wilder & Pimm, 2005; Oldknow & Taylor, 2000).

Mulighetene datamaskinen gir for å vise forbindelsen mellom en graf og det algebraiske uttrykket har blitt grundig utforsket i artikkelen "Developing New Notations for a Learnable Mathematics in the Computational Era" (Kaput, Noss, & Hoyles, 2002). Matematisk forståelse bør skapes gjennom konstruksjon og tolking av modeller der elevene anvender matematisk teknologi for å forklare hvordan disse modellene virker. I boken vises det et eksempel der en studerer sammenhengen mellom en posisjon-tid graf og fart-tid graf for en heis som beveger seg i en skyskraper. Gjennom å manipulere med for eksempel farten kan elevene se hvordan de to grafene forandrer seg og prøve å forstå sammenhengen mellom dem. Forfatterne går langt i å hevde at den grafiske fremstillingen er den beste for å bygge opp forståelse. Algebraiske representasjoner blir ofte for vanskelige å forholde seg til. Gjennom manipulering med grafer og ved å legge mindre vekt på algebraen skal elevene analysere seg fram til svar. Når en har fått et så kraftig verktøy som det PCen er, bør lærerne anvende flere representasjonsformer for å bygge opp kunnskap. I artikkelen vises det eksempler på hvordan en tenker seg at bruken av IKT til å skape forståelse.

Ved bruk av ny teknologi forandrer kravene til oppgaver seg. Åpne problemstillinger der elever selv må finne matematikken viser seg å fungere godt hevder Ruthven¹ og Fuglestad (2004). Laborde (2001) skisserer noen av vanskene og viktigheten av å lage gode matematikkoppgaver som eigner seg for IKT. Ruthven mener at en må lage lengre tekstoppgaver som stiller andre krav en hva eksisterende lærebokoppgaver gjør. Det er viktig å få fram tankegangen bak det en gjør og ikke bare trykke seg fram til svaret.

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O.E. Rossevatn høsten 2005

3.6 Hvorfor dominerer ikke IKT i undervisningen?

Da datamaskinen først kom i skoleverket på 80-tallet trodde flere at den ville dominere undervisningen. Etter hvert har IKT blitt mer og mer vanlig i skolen, men det er ikke blitt så dominerende som mange trodde.

Datamaskiner ble i begynnelsen plassert i skolen uten at en hadde tenkt grundig nok igjennom bruken av dem. I tillegg fokuserte en mye på teknologien og lite på innholdet. Mye av integreringen var og er styrt av industriens ønsker og utdanningspolitikken. De pedagogiske hensynene kom ikke i første rekke. Det blir hevdet at en vellykket integrering er avhengig av at skolene selv er med på det (Selwyn, 1999).

I et intervju hevder Ruthven¹ at det er flere faktorer som gjør at IKT ikke er blitt et så effektivt verktøy som mange trodde. Han sier at måten pensum er bygd opp legger liten vekt på IKT. En skal produsere kunnskap og ikke bare svar på oppgaver. IKT gir i stor grad ut svar på regnestykker og har her en stor svakhet. Oppgavene elevene skal løse for å kunne dokumentere at de behersker pensum er sjeldent rettet inn mot teknologien de har tilgjengelig.

Hoyles, Noss, og Kent (2004) refererer til Artigue (2000) som nevner flere avgjørende faktorer som forklarer hvorfor hun mener IKT ikke dominerer skolen. Mange har tatt for lett på det og trodd at datamaskiner automatisk skal revolusjonere skolen. En har ikke lagt vekt på hva som skal lærers og hvordan det skal gjøres med teknologi. Undervisningsinstitusjonene undervurderer hvilket komplekst verktøy IKT er. De har bommet når de skal definere hvilke nye teknologiske og matematiske krav dette stiller til elevene. Å tilpasse ny teknologi til det "gamle" pensumet er en stor utfordring hevder forskerne. Hennessy, Ruthven og Brindley (2005) peker på mangel på ressurser til å kunne planlegge bruk av IKT. De sier også at lærerne etterlyser godt undervisningsmaterieell til timene.

3.7 Pensum, læreplan og IKT

Flere forskere peker på læreplanen som styrende for skolens satsing på IKT. Blant annet hevdet lærere at de ikke tør ta IKT aktivt i bruk fordi elevene ikke blir testet på dette under eksamen. Andre lærere i samme undersøkelse sa at pensumpresset var så stort at det å ta i bruk IKT ble vanskelig. Skal IKT brukes må læreplanen bli klarere på hvor hvordan dette skal gjøres (Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005).

Hudson og Borba (1996) viser til Sør Afrika der læreplan og IKT ikke går sammen. Der mener mange at en trenger en ny læreplan som er tilpasset dagens teknologi. Ruthven (2005) viser også til mye av det samme. Skal teknologien få en sterkere plass i matematikken må en ta mer høyde for det i læreplanen. Å bare sette inn PCen uten å ta hensyn til læreplanen og den matematiske praksisen gir ikke en vellykket integrering (Guin & Trouche, 1999). Ordene pensum og læreplaner dukket stadig opp i intervjuene jeg gjorde. I senere kapitler vil en se på hvordan disse ordene ofte er sterkt styrende for hvordan IKT anvendes i timene.

Læreplanens intensjoner og det som blir gjort i klasserommet er ofte ulikt. Planen er et politisk dokument som blir tolket av lærerne og opplevd av elevene. Lærere opplever ofte at deres undervisning skal bestå av et gitt pensum og en rekke regler som elevene skal lære seg i løpet av kort tid. Dermed blir det lite tid til å ta inn datamaskinen, hevder de (Kilpatric & Davis, 1993).

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O.E. Rossevatn høsten 2005

Dagens læreplan R-94 sier følgende om bruk av teknologi i matematikken: ”Ny teknologi gir nye muligheter til å eksperimentere og utforske, og skolematematikken må utnytte disse mulighetene der det er faglig og pedagogisk hensiktsmessig.... I en læreplan må man balansere mange faglige og pedagogiske hensyn. Regneferdighet, teoriforståelse, praktiske anvendelser, problemløsning, historisk innsikt og tekniske hjelpemidler må knyttes til emneområder på en fornuftig og naturlig måte. Samtidig må disse emnene ha passende vanskelighetsgrad og et innhold som kan forsvares ut fra sine anvendelser eller sin betydning for videre arbeid med faget” (Utdanningsdirektoratet, 2006b). Spørsmålet blir fort hva som er naturlig og fornuftig. Jeg kommer ikke til å gå i dybden på læreplanen, men det er relevant å vise til den da den skal være det styrende dokumentet for undervisningen.

I den foreløpige planen for Kunnskapsløftet omtales bruk av IKT slik: ” I det meste av matematisk aktivitet nyttar ein hjelpemiddel og teknologi. Både det å kunne bruke og vurdere hjelpemiddel og teknologi og det å kjenne til avgrensinga deira er viktige delar av faget.... Å *kunne bruke digitale verktøy* i matematikk handlar om å bruke slike verktøy til spel, utforsking, visualisering og publisering. Det handlar og om å kjenne til, bruke og vurdere digitale hjelpemiddel til problemløysing, simulering og modellering” (Utdanningsdirektoratet, 2006a). Digitale kompetanse er definert som en av de fem basisferdighetene i den nye reformen. Derfor er det naturlig å vente at teknologi får en større plass i matematikken. I neste kapittel tar jeg for meg den siste ITU Monitorundersøkelsen. Den tegner et noe dystert bilde av digitale ferdigheter i dagens skolenorge.

4 ITU Monitor 2005

ITU Monitor er en stor undersøkelse som tar for seg hvordan IKT brukes i grunnopplæringen i den norske skole (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005). Undersøkelsen ble utført av Forsknings- og kompetansenettverk for IT i utdanningen. Målet for rapporten er å kartlegge i hvilken grad IKT er integrert på en faglig og pedagogiske måte i grunnopplæringen. Her presenteres deler av rapporten med hovedfokus på videregående opplæring. Enkelte plasser kommer jeg også til å trekke inn den britiske Impact2 (Harrison et al., 2003) som har hatt betydning for utviklingen av den norske Monitorundersøkelsen. Jeg har valgt å ta med denne rapporten fordi den gir et godt overblikk over det totale bildet for IKT-satsingen i Norge. Rapporten sier litt om utviklingstrekk og hva som bør til dersom vi skal komme nærmere de mål som læreplanen setter. ITU Monitor 2005 sine tall er ikke sammenlignbare med det jeg opplevde under observasjoner høsten 2005. Dette skyldes at jeg besøkte skoler med sterkt fokus på IKT. Dermed kan denne masteroppgaven være et lite bidrag til å vise hva som skjer i skoler der en har et sterkt fokus på IKT.

ITU Monitor 2005 tar særlig for seg utviklingen av elevers og læreres digitale kompetanse. Begrepet står sentralt i den nye læreplanen, og er definert som en grunnleggende ferdighet av utdanningsdepartementet.

Data i ITU Monitor 2005 er samlet ved spørreskjemaer. Elever i 7., 9. og VK1 har deltatt. Skolene ble valgt ut etter størrelse og geografisk plassering. Skolene som deltok inneholdt fem respondenter: elever, lærere, skoleledelse, IKT-ansvarlige og foresatte.

4.1 Om digital kompetanse

Funn i undersøkelsen viser at vi står overfor store utfordringer i forhold til ambisjoner og mål utarbeidet av departementet. Lærerne uttalte at de sjelden brukte IKT for å fremme læring.

Kunnskapsløftet legger opp til at IKT skal integreres i alle fag på alle nivåer. Monitor mener at digital kompetanse handler om at elever bruker IKT på en konstruktiv og læringsskapende måte. Rapporten understreker at det er ikke bare ferdigheter i å kunne bruke datamaskinen som er viktige. Mange elever vet at de behersker verktøyet, men det hersker stor sprik i hvordan de kan håndtere det. Noen er veldig flinke på smale områder. Lærere viser også at de er blitt tryggere på datafronten, men mange opplever usikkerhet omkring egen kompetanse og pedagogisk bruk av IKT.

4.2 Elevers og læreres bruk av IKT i skolen

Monitorundersøkelsen i 2003 (Kløvstad & Kristiansen, 2004) avslørte store forskjeller i bruk av IKT. Bruken var veldig begrenset. En forutsetning for at en skal kunne beherske IKT er at en bruker det jevnlig. På VK1 viser Monitor 2005 at 22 % av elevene brukte PCen mer enn tretten timer i uken. Dette er enn markant fremgang i forhold til 2003. Andelen som brukte IKT lite har også sunket betraktelig.

Lærerne brukte PCen mye mer på forberedelse/etterarbeid og administrative oppgaver enn i undervisning. På VK1 brukte ca. 40 % av lærerne IKT i syv timer eller mer til forberedelse og administrasjon. I undervisningen var tilsvarende tall ca. 36 %. På VK1 så en at elevene brukte mer tid ved datamaskinen enn lærerne.

Går en inn og ser på enkeltfagene på videregående skole, finner en noen urovekkende tall. Hele 68 % oppgav at de aldri brukte datamaskinen i matematikk. Også i de andre realfagene var andelen ikkebrukere stor. Kun 11 % av elevene oppgav at de brukte PCen tre eller flere ganger i uken i matematikk. På det britene definerer som key stage 4 har de også en lav bruk av IKT i matematikken. Hele 70 % sa at de aldri eller nesten aldri brukte PCen til matematikk på skolen (Harrison et al., 2003). Dette er nesten identiske tall med de norske. Impact2 forskerne mener at den lave bruken av matematisk programvare kan skyldes at slike program brukes lite hjemme også. Impact er en britisk undersøkelse som tilsvarer den norske Monitor. Fokuset i Impact2 har ikke vært helt identisk med Monitor, men det er likevel mulig å sammenligne dataene. Den britiske undersøkelsen har vært et forbilde for den norske undersøkelsen (ITU, 2006).

4.3 Betingelser for digital kompetanse

For å nå målene i den nye læreplanen er det flere store oppgaver som ligger foran oss. Undersøkelsen viser at maskintettheten er på rett vei. I dag er det 2,5 elever pr. datamaskiner i videregående opplæring. Variasjonsbredden er heller ikke avskrekkende stor. Hele 80 % av skolene har fire eller færre elever pr. datamaskin. Disse tallene er nok litt misvisende for den faktiske tilgangen er avhengig av skoledagens organisering. Mange skoler har datarom som er opptatt store deler av undervisningstiden slik at den faktiske maskintilgangen for alle elevene er nok dessverre litt mindre.

Internett er nå et av de ledende informasjonsmediene i verden. Skal skolene kunne utnytte dette er linjekapasiteten av avgjørende betydning. Kun 44 % av videregående skole oppgir at de har en linjekapasitet over 10 Mbit/s, mens 55 % ligger mellom 2 og 5 Mbit/s. Dette er i følge rapporten ikke tilfredsstillende.

Når lærerne selv ble bedt om å vurdere sine ferdigheter trakk de blant annet fram området: "å arbeide med skrift eller tall". Der opplevde de en høy grad av mestring. Da synes jeg det er merkelig at dette ikke gjenspeiler seg i undervisningen. Hele 68 % av elevene opplevde ikke bruk av IKT i matematikk. Dessverre sier ikke rapporten noe om akkurat dette. Elevene vurderte sine ferdigheter som bedre enn lærerne over hele linjen. Ett unntak var arbeidet med skrift eller tall. Der var det ganske likt.

Mer enn halvparten av lærerne i undersøkelsen mente at IKT bør brukes i langt større omfang ved prøver. Evalueringsarbeidet har stor betydning for undervisningen. Flere lærere uttalte at elevene burde ha tilgjengelig datamaskin ved prøver. Elevene var også svært positive til dette.

Lærerne jeg intervjuet hadde mange synspunkter som samsvarer med det forfatterne av ITU Monitorrapporten påpeker. Blant annet viser det seg at skoler som bruker IKT i stor grad har en helhetlig strategi og en skoleledelse som ser viktigheten av å beherske digitale verktøy. Kompetanseheving og kollegial støtte viser seg å være viktig i følge ITU. Interne kurs holdt av kolleger er viktigere enn store samlinger og kurs dersom lærerne skal bli bedre. På begge skolene jeg besøkte praktiserte de dette som en del av kompetanseutviklingen. Fra Impact2 (Harrison et al., 2003) finner en liknende funn. Lærerne trenger kontinuerlig trening i hvordan de skal inkludere IKT i matematikken, hevdes det der.

ITUs egne eksperter kommer også med noen interessante betraktninger som jeg synes er verdt å ta med. For å stimulere interessen til å ta i bruk IKT bør lærerne få egne bærbar PCer. De to skolene jeg besøkte har nettopp tatt disse grepene, og gått enda lenger da elevene også har egne bærbar PCer. Ekspertgruppen kommer med anbefalinger om at det bør utvikles flere og

bedre digitale læringsressurser. I kapittel tre viste jeg til andre undersøkelser som sier noe av det samme. Mangelen på godt læremateriell er en vesentlig hindring.

ITU konkluderer med at skolene er langt unna å nå de mål som den nye læreplane setter. Det vil ta lang tid før alle er der.

Resultatene fra denne undersøkelsen og rådene fra ekspertene kommer til å bli brukt i kapittel 7. Der vil jeg blant annet se på hvordan anbefalingene fra ekspertgruppen blir brukt ved de to skolene jeg besøkte.

5 Metode

I denne delen beskrives metodene i arbeidet. Det vil bli gitt en forklaring på de valg som er tatt. Samtidig vil jeg forsøke å problematisere en del av beslutningene. I en kvalitativ undersøkelse er det ingen fasitmetode. Derfor har jeg hele tiden måttet gjøre noen avveininger i arbeidet, og vurdert konsekvensene av disse valgene. Gjennom metodekapittelet får leserne et innblikk i hvordan arbeidet har foregått. Dermed blir det lettere for dem å ta stilling til den forskningsmetodikk som er brukt, og de vil lettere kunne forstå mine tolkninger i analysen. Studiet er utført etter etnografiske prinsipper (Flick, 2002, pp. 146 -148). Elevene ble observert i sitt naturlige miljø. Det er ikke tatt noen hensyn til at en observatør kom inn i klassene.

5.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

I masteroppgaven har jeg brukt kvalitative metoder. Under planleggingen ble også kvantitative metoder vurdert. Siden all data ble samlet inn gjennom intervju og observasjoner og antallet intervjuobjekter var lite, valgte jeg å kun bruke kvalitativ metode.

Den kvantitative metoden kjennetegnes av systematiske målinger og en statistisk analyse av målingene. For å kunne lage gode kvantitative undersøkelser må spørsmålsformuleringene vurderes nøye. I tillegg må forskerne ta hensyn til avvik og håndtering av feilkilder. Det kan være vanskelig både å lage gode modeller og tolke resultatene. Valgene er mange og forskeren skal ha god kjennskap til statistiske metoder for å treffe de rette avgjørelsene (Ary, Jacobs, & A., 1996; Flick, 2002).

Flick (2002) og Mehan (1979) har rettet kritikk mot den kvantitative forskningen. Den tar ikke høyde for kompleksiteten i blant annet et klasserom. Vil en virkelig få et innblikk i sosiale interaksjoner, egner kvalitative forskningen seg best. Kvalitative studier fokuserer på helheten og bryter ned data i forskjellige variabler som skal tolkes.

Det er flere grunner til at jeg valgte kvalitative metoder. For det første er jeg usikker på om jeg vil ha tilstrekkelige kompetanse til å kunne foreta korrekte analyser av et statistisk materiale og velge de riktige modellene. Argumentene fra mange forskere (Flick, 2002; Mehan, 1979; Mertens, 1998) taler for at det beste innblikket i en reell skolesituasjon får en ved å gjøre observasjoner og intervjuer. Problemformuleringen gjorde det naturlig å gjennomføre en kvalitativ undersøkelse. Det hadde vært mulig å svare på alle spørsmålene ved hjelp av et spørreskjema, men da ville jeg ikke kunne avdekket nyansene i svarene og få utdypet påstander. Det måtte blitt et avkryssingsskjema med en form for graderingen. Dessuten ville det være vanskelig å analysere situasjoner der elevene sitter og jobber med PCen ut fra et kvantitativt synspunkt med min problemstilling. Målet med oppgaven har heller ikke vært å gjøre noen hypotesetesting som verken bekrefter eller avkrefter noe i forhold til bruk av IKT. Det har ikke vært et tema å måle frekvensen av en bestemt variabel. Jeg har ønsket å se etter situasjoner der datamaskinen kan være et godt hjelpemiddel eller et hinder for læring og undervisning. For å få et dypere innblikk i tanker og arbeidsmetoder til lærer og elever ble det da helt avgjørende å anvende en kvalitativ tilnærming.

5.2 Datamaterialet

Data til oppgaven ble samlet inn i månedene oktober og november 2005. I åtte uker oppholdt jeg meg ved to skoler sør i Norge. Med en såpass lang observasjonsperiode lærte jeg elevene, lærerne og skolene godt å kjenne. Det er mulig at kortere observasjonstid hadde gitt like godt

resultat. Under planleggingsfasen i sommer vurderte både jeg og veileder at en burde ha såpass med tid i felten for å kunne få et skikkelig innblikk i undervisningen. Totalt ble det samlet inn data fra 29 observasjonstimer i klasserommet, 17 lærerintervju og 36 elevintervju. Disse fordelte seg slik:

FVGS	MVGS
Observasjonstimer: 15	Observasjonstimer: 14
Lærerintervjuer: 11	Lærerintervjuer: 6
Elevintervjuer: 22	Elevintervjuer: 14

Oversikt over datamaterialet

En kan godt si at jeg har mye materiale. Sannsynligvis for mye vil, enkelte hevde. I samråd med veileder ble det besluttet at det var lurt å samle inn så mye som mulig når en først var i gang. I tillegg er det bedre å ha for mye enn for lite materialet. Ved å ta opp såpass mye kan en lettere velge vekk ”dårlige” data, og er mindre sårbar for å få for lite ”gode” observasjoner. Med dårlige data mener jeg intervjuer der intervjuobjektet svarer kort og mye ja/nei, vet ikke osv. Dårlig data kan også være observasjoner der jeg ikke klarte å fange inn lyden godt nok til at samtaler kunne høres, eller at kameraet var ute av fokus. Heldigvis er det kun et intervju som jeg har forkastet. Ingen av observasjonene har vært så dårlige at de var umulig å analysere. Fullstendig oversikt over materialet finnes på vedlegg 2 og 3.

På en normal uke observerte jeg i fem til syv timer. I løpet av samme uke gjorde jeg to eller flere lærerintervjuer, og fem til seks eleverintervjuer. All data ble transkribert så fort det lot seg gjøre. Dermed var transkripsjonene alltid klare senest to tre dager etter at data var innsamlet. Dette var en stor fordel fordi jeg var klar for å starte kodelarbeidet rett etter observasjonsperioden.

5.3 Skolene

Jeg besøkte to videregående skoler. Begge disse har både allmenn- og yrkesfaglige linjer. Den største skolen MVGS har ca. 950 elever og rundt 150 lærere. Jeg var inne og observerte en 2-MX klasse med 21 elever. Den andre klassen, en 3-MX klasse, hadde 26 elever. I begge disse klassene hadde alle elevene bærbare PCer som de enten leidde av skolen, eller fikk kjøpt billig gjennom skolen. PCen ble brukt som et verktøy i alle fag der det er naturlig. Den andre skolen FVGS er litt mindre med ca. 550 elever og 85 lærere. På denne skolen observerte jeg i første og andre klasse (1-M og 2-MX). Matematikkundervisningen ved FVGS organiseres på grunnkurset etter en tredelingsmodell. Der kan elevene sirkulere på tre forskjellige grupper med variert vanskelighetsgrad. De valgte selv grupper. Noen elever deltok hele tiden på en gruppe, mens andre vekslet mer etter hvor godt de trodde de kunne stoffet. På den letteste gruppen tok en alt sent og grundig. Det vanskeligste stoffet ble utelatt. Den mellomste gruppen hadde en litt hurtigere gjennomgang. På gruppa for de flinkeste var det lite gjennomgang. Elevene satt i stor grad og regnet for seg selv, og fikk veiledning når de ba om det. Alle elevene på grunnkurset har i år for første gang fått tilbud om bærbare PCer. Dette gjør at de slik som ved MVGS bruker den i mer enn kun matematikk. 2-MX gruppen bestod av 11 elever. Klassen hadde ikke bærbare PCer, men fikk i stedet tilgang på datarom med programvare nesten hele tiden. Det var kun en time annenhver uke de ikke var på datarommet.

Disse to skolene ble valgt ut etter samtaler mellom Anne Berit Fuglestad og meg. Bruken av IKT i matematikken var et sentralt poeng. Jeg var ikke ute etter skoler som av og til tok i bruk

digitale verktøy, men noen som hadde en helhetlig plan over bruken. Skolene skulle bruke IKT som et naturlig hjelpemiddel.

5.4 Verktøy

I arbeidet med oppgaven har jeg brukt flere forskjellige typer verktøy. Til skriving av oppgaven og i transkripsjonene anvendte jeg Microsoft Word 2002. Alle innspillinger ble gjort med et Sony DV-kamera. Redigeringen skjedde i Microsoft Moivemaker. Under transkriberingen ble opptakene avspilt med RealPlayer versjon 10.5. Denne har flere fordeler fremfor mediaplayeren i Windows. Mediaplayeren hopper ti sekunder av gangen, mens RealPlayer lar deg gå fram og tilbake ett sekund av gangen. Dermed er det mye letter å bruke denne når du for eksempel må høre om igjen de siste tre sekundene av en samtale.

I arbeidet med koding av dataene har jeg brukt Atlas.ti v. 5.0.66. Dette programmet gjorde det lett å velge ut hvilke deler av teksten som skulle kodes for senere analyse. Programmet står blant annet omtalt i Flick (2002, p. 258) som et bra verktøy for koding av tekst og video. Atlas gav meg muligheter til å telle opp antallet ganger jeg har brukt de forskjellige kodene. Samtidig er det mulig å skrive ut alle uttalelser for en og en kode. Programmet gir god oversikt og mulighet til å holde styr på et stort datamaterial. Når alt var ferdig kodet og det var bestemt hvilke koder som skal brukes videre, ble alle uttalelser som omhandlet disse kodeordene skrevet ut og brukt i videre analyse.

I tillegg til de ovennevnte verktøyene har jeg satt meg inn i de matematiske programmene som skolene bruker: TI Interactive, Derive og Mathtype. De to førstnevnte er CAS-programmer. Mathtype er en forreledditor som er integrert i Word, og kan brukes når en skriver matematisk tekst.

Begge skolene bruker også It's learning som læringsplattform. Jeg ble lagt inn som gjest i matematikkllassene på skolene, og hadde tilgang til arbeidsplaner, læringsmateriell og prøver.

5.5 Intervju

Intervju var en av flere metoder brukt i datainnsamlingen. I planleggingsfasen av intervjuene brukte jeg ideer og metoder presentert av Mertens (1998) og Kvale (2005). Før selve intervjuene startet hadde jeg noen møter med de aktuelle lærerne for å få litt innsyn i hva de var opptatt av, og hvordan skoledagen deres var lagt opp. Dette gav meg nyttig informasjon i utarbeidelsen av intervjuguider.

5.5.1 Intervjuguider

Det ble utviklet fem intervjuguider til prosjektet. De tre første intervjuguidene var tilpasset spørsmålene som ble stilt i første runde. Jeg laget to guider for elevene og en for lærerne. Disse guidene var tilpasset de klassene som skulle besøkes. Lærerguidene var identiske på begge skolene, mens elevguidene var litt forskjellige. Siden jeg intervjuet forskjellige klasser, og elevene på de to skolene hadde brukt IKT i ulikt antall år måtte noen få justeringer gjøres. Til de andre intervjurundene ble det utviklet to guider. En guide for lærerne, og en til elevene. Det ble ikke gjort noen form for tilpassninger til de ulike klasstrinnene.

I selve utarbeidelsen av intervjuguidene brukte jeg en metodikk presentert av Kvale (2005, pp. 76 - 81). Den ble litt justert for å passe bedre til mitt opplegg. Først fant jeg ut av de overordnede temaene jeg ville undersøke. Deretter ble disse brutt ned til spørsmål som skulle gi svar på temaet. Alle temaene i intervjuguidene er direkte relatert til mine forskningsspørsmål.

Eksempel hentet fra Intervjuguide:1. Intervju med lærerne.

TEMA:	SPØRSMÅL:
2. Valg av programvare	<ul style="list-style-type: none">• Hvilke programvare(r) har dere valgt å satse på?• Hva er begrunnelsen for å velge akkurat dette/disse programmene?• På hvilken måte mener du at dette/disse programmene fremmer læring?• Hvilke ulemper ser du med programmene du har valgt å bruke?• Hvordan har du lært deg programmene?

Eksempel som viser hvordan intervjuguidene ble utviklet

På denne måten ble alle intervjuguidene utarbeidet. Dermed var de sikret en god struktur. Det ble vektlagt at alle spørsmålene skulle være presise og lett forståelig. Jeg har prøvd å unngå Ja/Nei- spørsmål. I de tilfeller hvor slike formuleringer forekom, ba jeg alltid om begrunnelse. Enkelte ganger har det bevisst blitt stilt ledende spørsmål. Dette er gjort for å utfordre intervjuobjektene til å ta stilling til noen påstander. Kvale (2005, pp. 96 - 98) anbefaler dette dersom en vil ha avkreftet eller bekreftet noe. Intervjuene ble alltid avsluttet med et åpent spørsmål av typen: *Noe du mener jeg burde spurt om? Noe mer du vil fortelle som kan ha relevans for det vi har snakket om?* Selv med en strengt oppbygd guide var det også åpning for å stille andre spørsmål. Av og til dukket det opp temaer i timene som var interessante, og som jeg ønsket å gå dypere i.

Ideer til intervjustørsmål ble hentet fra en mengde kilder. Introduksjonsmøtene med lærerne på de ulike skolene gav meg noen innspill som resulterte i en del spørsmål. Samtidig har mange av artiklene jeg leste i løpet av sommeren og høsten fungert som inspirasjonskilder. De tar alle opp temaer som er sentrale i mine problemstillinger, og noe av det de skriver kan anvendes til å utvikle spørsmål. Boka ”Teaching Mathematics with ICT” (Oldknow & Taylor, 2000) og arbeidet til Blomhøj (2003) har vært den mest sentrale litteraturen under arbeidet med spørsmålene.

Alle mine spørsmål ble sendt til veileder og to andre ansatte ved fakultet for realfag ved HIA for kommentar og tilbakemelding. Alt under utarbeidelsen av prosjektskissen bestemte jeg at det kunne være nyttig å få noen flere kvalifiserte personer til å se på arbeidet. Store deler av masteroppgaven bygger på intervjuer. Det var derfor viktig å få andre til å gi innspill og vurdere spørsmålenes relevans ut fra de definerte forskningsspørsmålene. Siden det ikke ble tid til pilottesting av intervjuene var denne kontrollen viktig.

Intervjuguidene er utviklet slik at de ikke er programavhengig. Helt fra planleggingsfasen har det vært et poeng at spørsmålene bør ha overførbarhet til andre matematiske programmer. På den måten kan intervjuguidene lett brukes i andre undersøkelser. Noen småjusteringer må til, men guidene er i stor grad generaliserbare.

5.5.2 Utvalg av elever

På begge skolene ba jeg lærerne om å velge ut intervjuobjekter for meg. De kjenner elevene best, og kan lettere gjøre vurderinger om hvem de tror kan egne seg. I introduksjonsmøtet forklarte jeg hva jeg så etter og var opptatt av. Læreren ble bedt om å finne tre elever i hver klasse. De fikk noen kriterier å gå etter:

- Elevene skulle være på forskjellig matematisk nivå
- Ikke bare elever av et kjønn
- Elevene skulle ikke være helt stille og tause slik at en må hale ut setninger av dem, men heller ikke de største pratmakerne

Med dette som grunnlag fant lærerne fram til elever til meg. Dessverre så trakk noen av elevene seg underveis, og jeg måtte selv gjøre noen mindre justeringer (mer om dette senere).

5.5.3 Intervjuene

Den første intervjurunden hadde hovedfokus på generell bruk av IKT i matematikkundervisningen. Elevene og lærerne fikk spørsmål som gikk på hele undervisningssituasjonen, og ikke på deler av den. Målet med denne intervjurunden var å få litt mer bakgrunnsinformasjon. Jeg prøvde å finne ut av hvordan elevene likte å jobbe med IKT, og på hvilken måte de trodde at den bidro til å fremme læring. Lærerne fikk også spørsmål som gikk i den samme retningen. Denne runden med intervjuer gav meg mer informasjon en hva jeg hadde ventet. Både lærere og elever kommer med en del interessante uttalelser som vil bli grundig analysert i kapittel seks. Lengden på disse intervjuene varierte ganske mye. En lærer brukte 45 minutter på å svare på spørsmålene. Det normale var at lærerne brukte ca. 20 minutter og elevene ca. 15 minutter.

De resterende intervjurundene baserte seg på observasjoner i timene. Spørsmålene var hentet fra intervjuguide to. Læreren fikk spørsmål knyttet til undervisningsøktene og planleggingen av dem. Spesielt var jeg opptatt av sammenhenger hvor de tok i bruk IKT. I elevintervjuene fokuserte jeg på to temaer. Elevene fikk spørsmål knyttet til de siste timene jeg hadde observert. Hva timene gikk ut på, og hvordan de følte IKT hadde hjulpet/hindret dem i å tilegne seg kunnskap. I tillegg ble elevene bedt om å gjøre enkelte oppgaver på PCen. Oppgavene ble hentet fra deres arbeidsplan. Mange av disse passet dårlig til IKT. Men poenget var å undersøke elevens egen IKT-hverdag. Derfor valgte jeg å ikke lage egne oppgaver. Det ville muligens også ha stresset elevene litt. Lærerintervjuene varte i ca. 10 minutter. Elevintervjuene var en del lengre, ca. 15 - 20 minutter. Dette skyldes at de gjorde oppgaver på PCen i tillegg til å svare på en del spørsmål om undervisningen.

Intervjuene ble som regel foretatt i elevenes fritimer. Jeg la stor vekt på at det var de som skulle bestemme intervjutidspunktene. Dette ble gjort for å få til et bra samarbeid. De deltok frivillig. Det var ikke meningen at elevene måtte ta fri fra undervisningen. Helst ønsket jeg alltid å legge intervjuene i etterkant av en undervisningsøkt. Om det ble en dag eller to etter økten spilte liten rolle. Men det var viktig at vi ikke tok intervjuene før timene da noen av mine spørsmål alltid var direkte relatert til timene. Lærerintervjuene ble alltid tatt opp etter en undervisningsøkt. (Se for øvrig intervjuguidene for å studere spørsmålene, vedlegg 4 - 8.)

5.6 Observasjon

En viktig del av datamaterialet består av observasjoner i timene. I observasjonsperioden var jeg til stede i nesten alle matematikktimene i de aktuelle klassene. Konsekvent ble lærerens gjennomgang i klassene filmet. Kameraet stod alltid slik at det fikk fri utsikt til storskjermen og tavla. Når læreren var ferdig med sin del av timene tok jeg kameraet på hånda, og gikk

rundt og filmet aktuelle hendelser. Særlig situasjoner der elevene brukte datamaskinen aktivt for å få til en oppgave, eller episoder der lærerne hjalp eleven med å få til noe på PCen var interessante. Med en slik tilnærming ble opptakene i klasserommet av varierende lengder. Noen ganger brukte lærerne store deler av timen foran tavla, mens de andre ganger nesten ikke oppholdt seg der i det hele. Elevobservasjonene i timene var av det korte slaget. Stort sett varte disse opptakene kun noen få minutter.

Sammen med filmkamera brukte jeg også ei lita notatblokk. Der skrev jeg ned momenter som ble tatt opp med lærere og elever i intervjuene. Notater av både lærerens gjennomgang og hva enkelte elever gjorde i timene har vært nyttige supplement til opptakene. Særlig viktig var det å følge litt med på mine intervjuobjekter, og notere ned hva de drev på med. Etter hver time prøvde jeg også å få litt tid for meg selv. Da ble hovedtrekkene i timen notert, samt observasjoner som fanget min oppmerksomhet.

I utgangspunktet var planen å være en passiv observatør (Mertens, 1998, pp. 317 - 319). Dette fungerte ikke. I stedet gikk jeg rundt i klasserommet og hjalp til når det trengtes. Min rolle forandret seg til å bli mer en deltakende observatør. I ettertid tror jeg at dette var lurt. Kontakten med elevene ble bedre, og kommunikasjonen med dem gikk lettere. Mehan (1979, pp. 1 - 34) har blant annet hevdet at den eneste måten å få virkelig innsikt i et klasserom er gjennom deltakende observasjon. Selvfølgelig er det ikke uproblematisk at min rolle forandret seg til å bli mer aktiv. Jeg har på enkelte av videoopptakene selv bidratt og hjulpet elever når de spør om hjelp. En kan reise spørsmål om det har påvirket undervisningen i noen retning. Uansett bør ikke dette være en stor feilkilde i materialet når en på forhånd er klar over det. I analysen vil jeg være veldig tydelig på hvor jeg deltar, og hvilke konsekvenser dette kan ha ført til.

5.7 Datafiler

Noen datafiler har blitt samlet inn. I løpet av observasjonsperioden hadde alle elevene minst en prøve. Jeg har fått utskrift eller tilsendte datafiler fra de elevene som ble fulgt ekstra tett. Dessverre gikk det litt tid før dette materialet ble tilgjengelig. Jeg rakk aldri å få intervjuet elevene om prøvene. Disse filene vil ikke bli gjenstand for en dypere analyse, men heller brukes som en støtte til et allerede stort datamateriale. Etter å ha studert dem har jeg kommet fram til at de ikke gir mer informasjon enn det som alt finnes videoopptakene. Dessuten kan prøvene kun analyseres ut fra det trykte materialet uten elevens egne kommentarer.

5.8 Transkripsjon

Med den mengden data som ble samlet inn var det på forhånd bestemt at ikke alt skulle transkriberes. Det ville blitt for mye arbeid. I stedet brukes en blanding av datareduksjon og transkribering.

Fra alle observasjonene ble det utarbeidet en ”minioversikt”. Her stod i grove trekk innholdet i timen og spesielle hendelser. Minioversikten var inndelt i tid ettersom timene forløp. For eksempel ble tidskille satt når læreren gikk fra et eksempel til et nytt, eller når fokuset skiftet fra gjennomgang på tavlen til at elevene skulle jobbe individuelt med oppgaver. I oversikten var jeg nøye med å få med når og hvordan IKT ble brukt.

”Minioversikten” dannet grunnlaget for hvilke episoder som ble transkribert ut i fulltekst. Her valgte jeg ut episoder fra gjennomgangen der IKT stod sentralt. Denne typen transkripsjoner blir kalt for ”utdrag”. Det ble ofte en avveining av hva som kunne være aktuelt for dypere analyse og dermed skrives fullt ut, og hva som ikke skulle brukes mer. Det betyr at episoder

der en lærer bruker for eksempel Word til å snakke om formler i liten grad er transkribert ut. Noen få episoder er tatt med for å kunne bruke de som eksempler på hvordan gjennomgangen av og til kunne være. Episoder der læreren bruker TI eller Derive til å illustrere grafer, finne ekstremalpunkter osv. ble vurdert som viktigere, og slike episoder er tatt ut i fulltekst.

Det er også laget noe kalt ”elevløsninger”. Dette er situasjoner der jeg gikk rundt i timene og filmet når elevene jobbet med oppgaver. Disse opptakene er transkribert ut i fulltekst.

Intervjutranskripsjonene er en blanding av datareduksjon og fulltekst. Uttalelser som på daværende tidspunkt kunne være interessante for videre analyse ble transkribert. Uttalelser som kanskje ikke var fullt så interessante laget jeg en kortfattet versjon av med fokus på innholdet i samtalene (datareduksjon). Det ble en vurderingssak hva som skulle transkriberes, og hva jeg ikke trengte å ta med i fulltekst. Hva som er transkripsjon og hva som er datareduksjon finner en ved å se på om alle klokkeslettene er tatt med. Står kun klokkeslettet til intervjuobjektet oppført, er det en datareduksjon. Står det klokkeslett foran ”OER” så er det transkribering (for eksempler på datareduksjon se kapittel 6.2 Stians sine uttalelser).

I transkripsjonsprosessen har jeg tatt en del etiske hensyn. Noen få ganger er enkelte uttalelser skrevet om slik at de fremstår som bedre norsk. Stamming og mye bruk av ord som hm, hæ, mhm er noen ganger blitt fjernet der de ikke har betydning. Dette er gjort for at intervjuobjektene ikke skal føle seg ”hengt ut” når de leser hva de selv har sagt. Kvale (2005, pp. 65 - 70) nevner at dette er viktig.

Transkripsjonene er ikke skrevet på verken dialekt eller bokmål, men noe midt i mellom. Erfaringer fra tidligere arbeider der jeg skrev ren dialekt tilsa at det ikke var lurt å bruke denne metoden her. Da ville leseren av og til kunne bli i tvil om ordenes betydning. I så fall måtte ordliste med oversetting lages. Uansett ville det vært vanskelig å vite hva leserne ville forstått, og hva som burde oversettes. Derfor har jeg prøvd å i størst mulig grad bevare dialekten, men oversatt lokale uttrykk til bokmål for å lette lesingen.

Under transkripsjonene utviklet jeg flere maler tilpasset de forskjellige dataene. En mal ble laget for ”minioversikten”. En annen mal ble spesiallaget til den første intervjurunden. I arbeidet med de andre intervjuene, og utdragene brukes to andre maler som var skreddersydd. Alle malene finnes som vedlegg 9 - 12.

5.9 Koder

Alle utdrag, elevløsninger og intervju har blitt kodet. Kodene har jeg laget selv. Utgangspunktet for kodene har vært spørsmålsformuleringene. Har noen for eksempel snakket om at IKT gjorde at de skjønnte noe lettere eller bedre kan det ha blitt kodet som ordene: ”fremmer læring”. Handler en episode om bruk av grafer, så har ordet ”grafer” blitt brukt som et kodeord. Flere avsnitt er også blitt merket med flere kodeord. Dette er gjort fordi de sier noe om flere interessante fenomener. Det er skrevet ned forklaringer til hver av kodene. Bakgrunnen for at noe skal bli kodet er at det kan være med på å gi svar på forskningsspørsmålene. Alle kodene med beskrivelse ligger vedlagt (vedlegg 14).

Selve kodeprosessen har gått fint. Noen ganger kan det reises spørsmål ved om rett kodeord er valgt. Har det vært tvil så har heller et avsnitt for mange enn for få koder. Da kan jeg i ettertid gå tilbake og ta ut en kode. I tillegg kan det være en svakhet at det kun er en person som har kodet materialet. For å øke sikkerheten her burde det vært flere personer som kodet. En burde vært enige om et sett koder på forhånd. Deretter burde flere lest igjennom og en kunne sett om

en var enige i kodingen. Men siden dette kun er en masteroppgave har det ikke vært kapasitet til dette. Kodene skal brukes for å hjelpe til med å finne de rette tekstbitene som går videre til analyse. De skal ikke brukes til å utvikle en egen teori. Dermed bør ikke dette være et stort problem.

5.10 Analysemetoder

I analysedelen av masteroppgaven kommer jeg i hovedsak til å bruke en ad-hoc tilnærming (Kvale, 2005, pp. 135 - 136). Dette er den mest brukte formen i kvalitative intervjuundersøkelser. Ad hoc vil si at flere metoder blir tatt i bruk for å analysere materialet. Det velges ikke ut en standardmetode. I stedet studeres data nøye gjennom et samspill av teknikker. Ved å velge denne formen gis det flere muligheter for å granske dataene. Under beskrives i korte trekk de metodene jeg kommer til å benytte.

Ved hjelp av datareduksjon under transkriberingen er det alt gjennomført en meningsfortetning. Enkelte intervjuer og observasjoner har blitt kortet ned til noen få setninger med fokus på innholdet.

Gjennom koding av alle observasjoner og intervjuer vil en god del av materialet analyseres ved meningskategorisering (Kvale, 2005, pp. 129 - 131). Gjennom disse kodene er det mulig å identifisere antallet ganger intervjuobjektene uttrykker en bestemt mening om noe. Ved å gjennomføre spørringer i ATLAS.ti kan jeg gå inn å se i hvilke sammenhenger elevene f.eks sier at IKT fremmer deres læring. Eller hvilke situasjoner der datamaskinene kan virke som en hindring. Denne kategoriseringen gjør det også mulig å kunne sammenligne mine data med andre undersøkelser for å se om de har mange like funn.

En av de klassiske metodene er "Qualitative content analysis" (Flick, 2002, pp. 190 -193). Denne metoden minner mye om meningskategorisering. Metoden vektlegger at materialet kategoriseres. En samler elementer av tekstbiter i intervjuer som minner om hverandre inn i kategorier. De små tekstbitene kan så analyseres en etter en. De strenge prosedyrene gjør at jeg ikke kan si at denne metoden brukes direkte. Men enkelte av ideene og elementene i metoden blir brukt. En kombinasjon av denne metoden og meningskategorisering for å finne fram til de tekstbitene som skal analyseres og gi svar på mine forskningsspørsmål er det som vil bli "hovedmetoden".

I intervjuene kan også meningstolkning bli aktuelt i enkelte tilfeller. Å gi en dypere tolkning av hva som blir sagt kan i noen tilfeller være bra. Blant annet kan en slik holdning være sunn tilnærming til veldig sterkt uttrykte meninger (Kvale, 2005, pp. 133 - 135).

For å berike analysen kommer jeg til å bruke en del bilder fra observasjonene. Da klippes det bare ut stillbilder fra videoene. Når en skal analysere situasjoner hvor datamaskinen er et sentralt medium, vil det være en stor fordel om leserne også kan se bilder av situasjonen som analyseres. Bruk av bilder vil kunne fungere som en støtte til elevenes forklaringer av hvordan de bruker datamaskinen i arbeidet med matematikken.

5.11 Validering

Hvordan kan så leserne vite at undersøkelsene og tolkningene mine er rette? Det kan de ikke. Tolkning og analyse er en subjektiv handling. Men for å sikre at dataene er tolket på mest mulig rett måte har jeg gjort noen grep. En god dokumentasjon av metoder en bruker er med på å øke tilliten (Flick, 2002, pp. 220 - 221). Blant annet er all innsamling av data loggført. Transkripsjoner og videoer er tilgjengelige. Dermed kan råmateriellet undersøkes på nytt

dersom det er ønskelig. Intervjuspørsmålene er godkjent av flere personer. I metodedelene har jeg på best mulig vis prøvd å gi en grundig beskrivelse av hele prosessen rundt både innsamlingen av data og måten den er behandlet på. Stegene i analyseprosessen har også blitt presentert.

Intervjuobjektets uttalelser vil alltid bli presentert slik de er blitt sagt før jeg gir min egen analyse av det som skjer. Dermed åpner en opp for at andre også kan komme med alternative synspunkter. Dessverre vil en aldri kunne klare å få fram hele settingen rundt en episode. Dermed må leserne stole litt på mine vurderinger og tolkninger også. Deler av de seks punktene på side 230 i "An Introduction to Qualitative Research" (Flick, 2002) fungerer som en rettesnor i arbeidet. Det samme gjelder for de syv punktene Kvale (2005, p. 165) presenterer. Ved å ta slike hensyn som her beskrives håper jeg at arbeidet er kvalitetssikret på en tilfredsstillende måte. I korte trekk omhandler disse punktene:

- Er funnene begrunnet i datamaterialet?
- Er tolkningene utført korrekt? Har en tatt høyde for alternative tolkninger av data?
- I hvilken grad har forskeren påvirket datainnsamlingen?
- Har informasjon gått tapt i overføring fra muntlig til skriftlig språk?
- Ble det gjennomført tilfredsstillende planlegging før datainnsamlingen fant sted?
- Er teorien som oppgaven bygger på godt beskrevet og relevant?

5.12 Justeringer og endringer underveis i observasjonsperioden

I løpet av de to månedene observasjonene varte ble det foretatt noen mindre justeringer. I utgangspunktet var planen å foreta intervju av lærerne både før og etter en undervisningsøkt. Intervjuene før øktene ble droppet fordi det ville oppta mye av lærernes tid i en ellers hektisk hverdag. I tillegg hadde jeg ikke kapasitet til å kunne håndtere mer data enn det som allerede kom inn.

Tidligere nevnte jeg at noen elever trakk seg underveis. Størst problemer oppstod på MVGS. Her trakk ei jente seg alt etter første intervjuet. Hun gikk i 3MX-klassen. Det lyktes ikke å finne en fullverdig erstatter for henne i løpet av perioden. En jente sa seg villig til å delta bare en gang. For å kompensere for mangelen i denne klassen prøvde jeg å få tatt fyldige opptak når elevene jobbet med oppgavene.

På FVGS hadde jeg ikke de samme problemene, men det oppstod en situasjon som bør nevnes. En elev ble byttet ut etter første intervjurunde. Dette skjedde dels etter hans eget ønske, og litt etter mitt ønske. Han sa selv at han ikke ønsket å være med videre fordi han måtte avsette fritimer til dette, og det ville han ikke. For min del var dette egentlig ganske greit fordi det andre intervjuet jeg hadde med eleven var mislykket. Eleven kom ikke noen uttalelser bortsett fra typen: "eg he ingen meining om det, vet ikkje, nei, ja, kanskje." Likevel har jeg valgt å beholde det første intervjuet med denne eleven da han har en del interessante synspunkter. Denne gutten ble i stedet erstattet av ei jente som var på samme matematiske nivå. Hun sa seg villig til å avsette tid, og svarte velvillig på spørsmål i intervjuene.

På begge skolene opplevde jeg at ikke alle ukene gikk etter timeplanen. Noen timer forsvant ut i ekskursjoner, Operasjon Dagsverk eller lærere som skulle på kurs. Dermed måtte det gjøres noen mindre justeringer av og til. I den opprinnelige planen skulle jeg være en uke av gangen på hver skole. Dette endret seg også underveis. Noen ganger var det slik at en del interessant stoff skulle gjennomgå i den uka jeg opprinnelig ikke hadde tenkt å være ved den ene skolen. Da bytta jeg rundt slik at jeg oppholdt meg der to uker i strekk og dermed fikk mer utbytte av observasjonene.

Når en ser hele datamaterialet mitt under ett, så ser en at det er mest data fra FVGS. Dette skyldes at dette var den skolen der jeg mistet færrest timer. Uansett bør det ikke være noen krise at dataene er litt skjevt fordelt da dette ikke er et sammenligningsstudie. Det hele passer ganske fint inn siden jeg har valgt å studere bruken av TI Interactive (og andre programmer). TI brukes mest på FVGS og i mindre grad på MVGS.

6 Analyse

Som en innledning til analysen vil jeg repetere problemstillingen fra kapittel 1:

- **Hvilke pedagogiske overveielser gjør læreren når han bruker IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer) som verktøy i læringsprosessen?**
Med pedagogiske overveielser i læringsprosessen mener jeg: Hvordan kan lærestoffet presenteres? Hvilke oppgaver og problemformuleringer skal en velge? Hvordan unngå en instruksjonspreget undervisningssituasjon? Hvordan legge til rette for kommunikasjon, interaktivitet, utforskning, evaluering og veiledning?
- **Hvordan lærer elevene matematikk ved hjelp av IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer)?**
Er det slik at IKT bidrar til instrumentell læring, eller fører den til at elevene kan bruke mer tid på forståelse og mindre tid på prosedyreregning av mange like oppgaver? Føler elevene at matematikken blir lettere å forstå når en tar i bruk IKT, eller er den bare enda et hinder? Hvilke typer oppgaver kan en lage som stimulerer til læring? Jeg vil også se etter Blomhøjs (2003) tre elevtyper. Finner en elever som misliker teknologien? Elever som kun bruker den til å effektivisere arbeidet? Eller kan en kanskje finne noen som bruker dataprogrammene til utforskning og til å gå dypere inn i matematikken?

I dette kapittelet vil jeg undersøke mine data for å prøve å finne svar på problemstillingen. Kapittelet er delt i fire hovedbolker. Først kommer en beskrivelse av undervisningen ved de to skolene. Der går jeg igjennom organiseringen av undervisningen og hvilke verktøy som var i bruk. Den andre delen omhandler en rekke forskjellige momenter knyttet til IKT i matematikken. I begynnelsen fokuserer jeg på hvorfor skolen har satset på IKT og erfaringene deres så langt. Analysen fortsetter med fordeler og hindringer som IKT medfører. Så går jeg over på temaene differensiering, matematikkprøver, læringsplattform, samarbeid og planlegging av undervisningen. Del to avsluttes med å studere utvikling av instrumentell forståelse og hvilke oppgavetyper elevene jobbet med. I del tre av analysen studerer jeg eksempler fra timene, og viser hvordan CAS-programmene ble anvendt til daglig. I denne delen kommer jeg inn på temaer som: Algebra, ulikheter, funksjonsdrøfting og vektorer. Analysen avsluttes med en oppsummering av hovedfunnene. Der forsøker jeg å få fram de sentrale elementene fra analysen. I dette kapittelet har jeg forsøkt å beskrive funnene sett fra både lærere og elevers synspunkt. Enkelte ganger har jeg også selv kommentert enkelte momenter og skrevet min egen mening om et tema da jeg følte at det passet å komme med noen utdypende kommentarer. Der dette forekommer er det gjort helt klart at det er min mening og ikke noe som er uttalt av elever eller lærere.

Jeg kommer til å presentere et utvalg av data for å belyse aktuelle sider ved problemformuleringene. Med et ganske omfattende material har det vært en utfordring å finne representative episoder og sitater. Jeg har valgt å vise både bilder og utdrag fra begge skolene. Gjennom episodeutvalget har det vært et poeng å få vist hva som foregår i den daglige undervisningen, og ikke fokusere på spesielle hendelser som viser veldig positive/negative trekk med bruken av IKT. Elevene som er sitert representerer en god spredning i matematisk kunnskap.

Skole	Fiktivt navn	Utdannelse
FVGS	Ane	Lektor i matematikdidaktikk, grunnfag IKT og kjemi
FVGS	Ole	Matematikk, IT, biologi, kjemi
FVGS	Berit	Ingeniør i informatikk og grunnfag matematikk

FVGS	Gro	Idrett, mer enn grunnfag matematikk og hovedfag i biologi
MVGS	Stian	Økad, mellomfag matematikk og grunnfag IKT
MVGS	Odd	Hovedfag i matematikk, grunnfag IKT, kjemi og fysikk.

Oversikt over lærerne jeg intervjuet

Elevene jeg intervjuet ble plukket ut av lærerne etter visse krav. Rangeringen av deres kunnskaper som er presentert under kommer på bakgrunn av de opplysninger jeg har fått av lærerne om karakterene deres og hvordan de oppfattet deres matematiske nivå.

Skole	Fiktivt navn	Nivå	Klasse
FVGS	Chris	Flink	1M
FVGS	Eli	Svak	1M
FVGS	Åsa	Middels	1M
FVGS	Sue	Litt over middels	2MX
FVGS	Hans	Flink	2MX
FVGS	Erik	Svak	2MX
FVGS	Vilde	Svak	2MX
MVGS	Ståle	Svak	2MX
MVGS	Are	Flink	2MX
MVGS	Caro	Middels	2MX
MVGS	Roy	Flink	3MX
MVGS	Geir	Svak	3MX
MVGS	Stine	Middels	3MX

Oversikt over elevene jeg intervjuet

6.1 Beskrivelse av undervisningsopplegget ved de to skolene

De to skolene jeg besøkte underviste etter to litt forskjellige modeller. MVGS hadde den enkleste modellen. De la opp til at all matematikk skal gjøres på PCen. Den var hovedverktøyet. Skolen underviste ikke etter en matematikkbok, men valgte å lage eget undervisningsmaterieell ved å klippe og lime fra forskjellige læreverker. I undervisningen fokuserte de på formler og regler. De gjennomgikk nesten ikke eksempler for å vise hvordan formlene skal anvendes. Flere av elevene hadde kjøpt lærebok og brukte en kalkulator ved siden av PCen for å gjøre oppgaver som kun krevde enkel utregning. I hovedsak brukte elevene Mathtype når de skulle føre inn oppgavene. Alle prøver ble avlagt på PCen. Skolen hadde tillatelse til å levere eksamen elektronisk.

På FVGS valgte de en litt annen tilnærming. Undervisningen på grunnkuret var nivådelte. I tillegg til dette brukte de en blanding av tavleundervisning og IKT i matematikken. Med tavleundervisning menes det at læreren gjennomgikk teori og eksempler på tavlen. Deretter jobbet elevene med penn og papir med oppgaver knyttet til det læreren hadde snakket om. Alle prøvene ble laget med to deler. Først fikk elevene en del som skulle løses uten hjelpemidler. Når den var levert inn, kunne de ta i bruk alle hjelpemidler (PC) på del-to. En slik prøveform gjorde at IKT ikke fikk en like sentral plass som hos MVGS. Elevene skulle kunne gjøre nesten all matematikken for hånd før de tok i bruk PCen. Når de jobbet med penn og papir så hadde oppgavene stort sett lette tall slik at elevene kunne løse problemene med hoderegning. Dataoppgavene bestod av liknende oppgaver, men tallene var ofte mye vanskeligere. I undervisningen anvendte de følgende læreverker: Matematikk 1M og

Matematikk 2MX (Sandvold et al., 2003, , 2004). Ingen av læreverkene er tilpasset bruk av IKT.

De fleste timene jeg observerte kan i grove trekk deles inn slik: Læreren startet med å gjennomgå leksen dersom elevene ikke hadde fått den til. Neste punkt på planen var introduksjon av nytt stoff. Her varierte presentasjonsformen litt mellom de to skolene. På MVGS brukte de nesten hele tiden Word for å vise ny teori. Når det var noe nytt på Derive eller i Mathtype ble dette også vist slik at elevene ikke skulle bli hindret p.g.a. dataproblemer.

FGVS hadde nesten lik tilnærming, men her prøvde de å holde seg til modellen. Var det noe elevene skulle gjøre på PCen så brukte lærerne TI i gjennomgangen av stoffet. De tok seg tid til å vise elevene hvordan programmet skulle brukes for å løse oppgaver knyttet til det som var gjennomgått i timen. Også del-en stoff kunne bli presentert på TI dersom lærerne mente at dataprogrammet var mye bedre enn tavlen for å illustrere teorien. I 2-MX-klassen tok Gro etter hvert i bruk Mathtype i gjennomgangen.

Nesten alle timene ble avsluttet med en bolk der elevene selv regnet på oppgaver fra arbeidsplanen. På MVGS jobbet da alle elevene på PCen sin. Mens på FVGS var dette litt mer delt. Dette skyldes nok undervisningsmodellen deres, og litt hva lærere snakket om i teoridelen. I første klasse brukte elevene datamaskinen mest mulig, mens i 2MX-klassen var anvendelsen noe mindre.

6.2 Hvorfor har skolene satset på IKT?

Det første spørsmålet lærerne fikk var å begrunne hvorfor de valgte å satse på IKT i matematikkundervisningen. Under vises et svar fra FVGS som er representativt for det alle på denne skolen gav uttrykk for.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
1	00:10	OER	Flott. Vist mi då går over til første tema. Det er skolens IKT,
2			skolens satsing i IKT.
3			Kan du fortelle meg hvorfor skolen valgte å ta i bruk IKT i
4			undervisninga?
5	00:20	Gro	Ja, ei gang på våren i 2004 tru eg, så fekk mi tilbud om å delta på
6			et prosjekt som matematikksenteret organiserte. Og det var et sånt
7			IKT satsing i matematikkfaget. Å mi var vel tri lærere som blei
8			med og som hadde lyst til å satsa på det. Og mi blei kurset då litt
9			på det våren 2004. Så satte mi i gang på høsten 2004 på grunnkurs
10			allmennfag.

Intervju med Gro 121005

Oppstarten på FVGS virket litt tilfeldig. De fikk fra Matematikksenteret (NSMO) tilbud om å bli med i et prosjekt om bruk av IKT i matematikken, og ble lært opp i TI gjennom noen kurs. Denne tilnærmingen er interessant og gav nok skolen noen utfordringer. I muntlige samtaler med både lærer og administrasjon så de på dette som en mulighet til å kunne komme videre, og utvikle matematikken til å bli noe spennende som elevene ønsket å lære mer om. Når NSMO stilte resurser og opplæring tilgjengelig, ble det mye lettere å satse på IKT. For mange skoler vil nok dette være veien å gå. Støtte og opplæring fra de store kompetansemiljøene kan virke som en trygghet og være til god hjelp. Da kan skolene få både tips og veiledning i hva som kan være aktuell programvare og hvordan en kan implementere den. På MVGS hadde de en litt annen begrunnelse for hvorfor de valgte å bruke IKT.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
	00:25	OER Stian	Hvorfor har skolen valgt å ta i bruk IKT i matematikkundervisningen? Det har sammenheng med at skolen har innsett at IKT er kommet for å bli. Skolen har sett at IKT muligens kan bidra til å fremme læring.

Intervju med Stian 191005

Det er verdt å merke seg at FVGS ble invitert med på et prosjekt, mens MVGS har valgt å satse på dette helt på egen hånd. Lærerne ved MVGS sa veldig tydelige at de mente helt bestemt at IKT var veien å gå. Både Stian og Odd var opptatt av at elevene lærte seg å håndtere PCen som et verktøy til daglig arbeid, og ikke bare bruke datamaskinen til matematikk. Slik som dagens samfunn er bygd opp, må elevene beherske IKT for å klare seg, mente de. Dermed så lærerne på sitt arbeid i et litt større perspektiv enn kun som matematikklærere.

6.3 Erfaringer med bruk av IKT

Siden begge skolene jeg besøkte hadde brukt IKT i matematikken i over et år, syntes jeg det kunne være interessant å høre litt om de største utfordringene og gledene de hadde opplevd. Ved MVGS sa begge lærerne at de har opplevd flere positive trekk etter at de tok i bruk IKT. Blant annet førte IKT til at flere jenter valgte realfag. Det ble ikke en ”gutteting” som de først fryktet. Odd trakk også fram at matematikken forsvant ikke med datamaskinen. Elevene hans opplevde fort at det fortsatt var matematikk de drev på med og ikke data. Ved MVGS hadde også enkelte elever opprettet et eget matematikkrom på skolens læringsplattform. Der utvekslet de løsninger og diskuterte oppgaver. Flere av lærerne sa også at de nå syntes undervisningen var blitt mer spennende og interessant fordi de kunne få vist matematikken mer i praksis, og ikke bare fokusere på algoritmer og regler. Med praksis mente lærerne at det var mulig å vise modeller fra for eksempel ingeniøryrket der matematikk ble brukt til å arbeide med forskjellige typer konstruksjoner.

Alle lærerne sa at læringsterskelen i programmene ikke var stor. De fleste elevene lærte fort det mest grunnleggende i de forskjellige programmene. På forhånd var dette et av momentene jeg trodde kunne være en hindring. Lærerne sa selv at de viste underveis hva elevene måtte kunne på de forskjellige verktøyene. Ut fra de videoopptak jeg har og observasjoner i klassene, deler jeg ikke helt dette synet. Mange elever behersket verktøyet til en viss grad. Men de støtte ofte på små problemer. Disse skyldtes som oftest at de hadde skrevet inn noe feil, og ikke klarte å tolke feilmeldingene som dataprogrammet gav. Dermed gikk en del av tiden vekk til prøving og feiling for å bli kvitt feilmeldingene. Elever som lærerne regnet som flinke hadde mye mindre av disse problemene. Stian påpekte at elevene må kunne matematikken skikkelig dersom de skal kunne utnytte programmene. Dersom matematikkforståelsen ikke var tilstrekkelig så varte det ikke lenge før de fikk problemer med oppgavene. De ville ikke klare å gi noen tolkninger av det vi spør etter i oppgavene, sa han.

Fra FVGS fortalte Gro og Ane at de i fjor opplevde et stort problem. De hadde ikke avsatt nok tid til å bruke datamaskinen. Opplæringen i programmet foregikk ikke jevnt over tid, men ble tatt i bolker og litt tilfeldig. Elevene fikk ikke god nok opplæring. Dette førte til mye frustrasjon og usikkerhet. I år har FVGS justert opplegget sitt, og disse problemene er borte. Forandringene gikk ut på at første klasse har fått bærbare PCer, og dermed har TI tilgjengelig hele tiden. Elevene i 2MX hadde tilgang til datarommet i ni av totalt ti timer. De mistet kun

en time hver annen uke. Med økt tilgang til programvaren, kunne opplæringen i TI foregå over lengre tid og ikke bli oppstykket.

Flere av lærerne jeg intervjuet understreket at datamaskinen hadde gjort noe med både språket og skrivemåten til elevene. De var blitt mye mer presise i sine formuleringer. I stor grad skyldes nok dette CAS-verktøyene. Både Derive og TI har en streng syntaks som gjorde at elevene måtte være nøyaktige når de skulle bruke programmet. Dersom elevene var unøyaktig i kommandoene de gav så ville ikke programmet utføre noen beregninger. Brukere av programmet tvinges til å tenke nøye igjennom hvordan de skal formulere seg dersom programmet skal gjøre det de ønsker. I tillegg bruker programmene et rent matematisk språk i menytekster og på knapper slik at elevene hele tiden ser de korrekte faguttrykkene og i hvilke sammenhenger disse uttrykkene hører hjemme. På bakgrunn av de momentene som er nevnt ovenfor mente lærerne at både TI og Derive ved sin oppbygging hadde en god effekt på språket og skrivemåten.

I tillegg til et forbedret matematisk språk mente lærerne at elevene nå leverte mye penere føringer. Gutter som før skrev slurve fremstillinger, fikk nå til fine løsninger. Oppgavene ble tydelig fremstilt på en ryddig og oversiktlig måte, ofte med grafer dersom det var påkrevd. Dette hadde flere fordeler. Det ble enklere for lærerne å sette seg inn i hva elevene hadde gjort når de bad om hjelp. Lærerne fremhevet at den store skjermen og den mer ryddige fremstillingen gjorde deres arbeid enklere. De kunne nå gå inn i matematikkoppgaven og rette den på skjermen uten at elevene trengte å starte hele løsningsprosessen på nytt. Prøver kunne rettes raskere fordi det var lettere å studere elevenes løsninger. Flere lærere sa at det var en fornøyelse å rette IKT-prøver fordi elevene fikk vist fram sine løsninger og strategier på en fin og tydelig måte. Det bar ikke preg av å være skrevet i hastverk på papir med masse streker over gale svar og litt halvferdig arbeid på grunn av tidspress.

6.4 Fordeler med IKT i matematikken

Ganske tidlig i intervjuene spurte jeg alle lærerne om hvilke fordeler de så med å ta i bruk IKT. På begge skolene fikk jeg ganske like svar.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
10	03:38	OER	Hvilke fordeler ser du som matematikklærer med å ta i bruk IKT i matematikkfaget ditt?
11			
12	03:42	Gro	Som lærer så synes eg jo at det er spennende at nå skjer det noe nytt i matematikkfaget. Når en har vært mattelærer i tjuefem år så er jo det positivt. Å eg synes jo for elevene så jobbe jo de så mye på data, at eg synes det er naturlig når det er mulig at de skal få bruke det hjelpemiddelet også i matematikkfaget. Å eg ser at det er en sånn motiverende faktor i at de sitter på PCen og jobber med det.
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Intervju med Gro 121005

Gro snakket om to fenomener som jeg mener er viktig. Elevene jobber så mye med IKT at det er naturlig å ta det i bruk i matematikken. Dette samsvarer delvis med det Dörfler (1993) skriver om når han hevder at elever bør ha tilgang på de samme gode hjelpemidler som arbeidslivet har. Det andre Gro snakket om var motivasjon. IKT ble i seg selv en motiverende faktor. Dette overrasket meg litt. I og med at datamaskinene har vært i skolen i såpass mange år, hadde jeg ikke ventet at den i seg selv skulle føre til at elevene fikk lyst til å jobbe mer med matematikken. Lærerne ved MVGS snakket også om at IKT var et motiverende element

som gjorde at elevene fikk lyst til å jobbe mer med matematikken. Dette fenomenet kan være svært viktig. Matematikk blir av mange elever sett på som et kjedelig fag. Har en da fått inn noe som motiverer, bør en utnytte det maksimalt. Også elevene jeg intervjuet oppgav IKT som en motivator. ”Eg er ikkje så glad i matte sånn egentlig. Eg synes det er lettere å gjøre det på dataen”, sa Eli. Flere andre elever kom med lignende uttalelser. Ut fra de observasjonene jeg gjorde så det ut til at de aller fleste elevene trivdes veldig godt med å bruke PCen. Særlig gjaldt dette for elever som ellers var litt svake i matematikk. De fikk nå større arbeidslyst fordi de hadde et godt hjelpemiddel

En av de andre lærerne på FVGS nevnte dette som en av de store fordelene:

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
8		Berit	Og så slipper de en del rutinearbeid som maskinen gjør for de når de har lært det grunnleggende.
9			

Intervju med Berit 141005

Berit snakket om at elevene slipper kjedelig rutinearbeid. Dette er et godt poeng. Elevene ble kvitt mye rutineregning. En av kritikkene mot dagens skole er at en presenterer en oppgavetype med løsning. Så trener en på dette med mange like oppgaver til algoritmen sitter. Berit gikk ikke videre og nevnte at IKT gir muligheter for at hun kunne øke fokuset på andre momenter i matematikken. Hun vektla heller at IKT ble brukt til å effektivisere undervisningen. En av elevene kommenterte også at rutineoppgaver nå gikk lettere og raskere fordi PCen tok seg av dette.

Ved MVGS hadde de et nesten tilsvarende syn på fordeler med IKT. Blant annet nevnte Odd og Stian at elevene brukte IKT så mye i på fritiden og på skolen at det ble naturlig å bruke det i matematikken også. I tillegg var Stian opptatt av noen andre momenter:

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
5	03:24	Stian	Fordelen for meg er at det gjør undervisningen mer interessant
6			føler jeg. Du kan variere på helt andre måter enn du kunne før.
7	03:27	OER	På hvilke måter kan du variere?
8	03:31	Stian	Du kan variere med å foreta, mi kan godt kalle det animasjoner.
9			Mi kan, mi kan, det du før måtte bruke mange tegninger på tavla
10			for å vise, om det var en graf eller hva det var. Dette gjør du enkelt
11			med IKT-utstyr.

Intervju med Stian 191005

Stian var ikke den eneste av de seks lærerne som nevnte fordeler med IKT sett ut fra lærerens perspektiv. Han var opptatt av styrken til IKT-verktøyet. Dataprogrammene kunne hjelpe han til å vise matematikk som før var vanskelig å illustrere. Det ble mulig å gjøre undervisningen mer spennende for elevene. Ved å bruke bilder og animasjoner håpet Stian at elevene fikk dannet et mentalt bilde av matematikken de holdt på med slik at forståelsen økte. Dette var en metode Stian brukte ved flere anledninger. Blant annet holdt 3MX-klassen hans på med vektorregning. For å illustrere rommet med praktiske eksempler anvendte han en animasjon av en flytur. Dette falt i smak hos elevene. Videre viste Stian også tegninger i Derive der et plan skar en kule. Dette skulle han også lære elevene å gjøre etter hvert når de ble litt tryggere på vektorer i rommet.

Til presentasjon av nytt stoff trakk alle lærerne fram grafer som det mest aktuelle temaet. De kunne få presentert lærestoffet på en rask, ryddig og nøyaktig måte. Det forsvant ikke bort mye tid på å tegne vanskelige funksjoner. Lærerne kunne bruke mer tid på å forklare begreper knyttet til grafer og funksjonsdrøfting på en god måte. Dette så jeg flere gode eksempler på. Blant annet opplevde jeg i begge 2MX-klassene introduksjon av derivasjon ved hjelp av IKT. Dette var kanskje noe av den mest vellykka bruken jeg så i løpet av åtte uker som observatør. Ved begge skolene tok lærerne i bruk CAS-programmene. De tegnet en tredjegrads funksjon. Deretter brukte de grafeditoren i begge programmene for å finne ekstremalpunkter. På denne måten fikk elevene et godt bilde av hva slike punkter er og hva de representerer på en graf. Samtidig med at en jobbet med ekstremalpunkter snakket lærerne mye om den deriverte og stigningstall. Dette ble som oftest vist ved å "spasere" langs grafen og studere stigningstallet. Den virkelig store fordelene kom da lærerne skulle vise sammenhengen mellom grafen til den deriverte eller dobbelderiverte og en funksjon. Da tegnet de grafen i samme koordinatsystem og forklarte så at: "Der den deriverte er null har vi et ekstremalpunkt". Ved å tegne disse funksjonene i samme system kunne elevene tydelig se sammenhengene mellom de forskjellige funksjonsuttrykkene. I stor grad lyktes lærerne med et slikt opplegg. Da jeg i ettertid intervjuet elevene og ba de forklare sammenhengen mellom den deriverte og funksjonsuttrykket så klarte de dette ganske bra (se også kapittel 6.15).

Lærerne på begge skolene gikk også videre og viste hvordan en kunne bruke dataprogrammene til algebraisk å gjøre funksjonsdrøftinger. Ved å bruke CAS-verktøyet til å få derivert uttrykkene og deretter løse likningen for den deriverte fikk de vist fram nullpunktene. Dette var nok ikke like vellykket. Flere elever slet med å henge med når de kun så funksjonsuttrykk og ingen grafer. Det ble litt for abstrakt. Jeg er litt undrende til hvorfor elevene mistet tråden her. Det burde være mulig å klare å se sammenhengen mellom algebraisk og grafisk løsning på denne type oppgaver. Jeg mener dette er en av de sterkeste egenskapene til blant annet TI og Derive. En kan lett koble sammen elementer som likninger, funksjonsuttrykk og grafer slik at elevene lettere forstår hva en snakker om. Jeg var bare stede under introduksjonen av dette temaet så det kan godt være at elevene med mer trening ser disse sammenhengene.

Datamaskinen ble et naturlig verktøy i mye av gjennomgangen. Lærerne var også opptatt av å trekke fram de presentasjonsmessige fordelene det gav å bruke PCen. Som Ane sier: "De blir veldig ryddig og fint i stedet for å bruke tavlen". Det matematiske språket kom veldig tydelig fram når de tok i bruk datamaskinen. Elevene ble ikke i tvil om hva læreren skrev. Det virket som at Mathtype egnet seg for en del gjennomgang av ny teori. Flere av lærerne brukte halvfabrikerte filer som de hadde laget på forhånd. Disse dannet grunnlaget for timene. Lærerne gjennomgikk disse filene og fullførte dem mens elevene fulgte med, og kom med innspill til hva læreren skulle gjøre. Ofte var disse filene bygd opp med litt teori i begynnelsen, og så en del eksempler. Ved å ta i bruk Mathtype på denne måten, ble elevene delaktig i å skape teorien på en litt annen måte enn ved å bruke tavlen. Gro snakket i et intervju om at hun skrev tydeligere på PCen og det gikk litt senere. Dermed fikk elevene mer tid til å tenke og reflektere over det som ble gjennomgått.

Elevene jeg intervjuet mente også at bruken av IKT har store fordeler for deres læring. "Det blir mye mer oversiktlig og lettere å se tilbake på hva mi har gjort". Dette kan stå som en fellesuttalelse for nesten alle elevene jeg snakket med. Måten oppgavene ble presentert på PCskjermen var et av de elementene som elevene satte størst pris på. I stedet for å ha litt rotete kladdebøker kunne de nå heller se på gode og pene fremstillinger av oppgavene. Dermed var det som både elever og lærere påpekte lettere å gå tilbake og studere hva en

hadde gjort når en løste oppgaver. Ikke minst var det mulig å gå tilbake og redigere filene og kanskje rett opp i feil uten at en måtte gjøre alle beregninger om igjen.

I intervju med Sue nevnte hun flere positive trekk med TI. I utgangspunktet mislikte Sue datamaskinen litt. Det gikk raskere å jobbe med matematikken. Hadde hun først lært noe, så husket hun det bedre. "Det er som å sykle", sa hun. Vanskelige og kompliserte regnestykker kunne maskinen ta seg av. Hennes fokus ble mer på å forstå matematikken og ikke legge fullt så mye vekt på algoritmer. Det siste kommenterte også Vilde. Matematikken bestod ikke så mye av å huske regle og metoder lenger. Det holdt å kunne noen få kommandoer på TI for å få løst oppgavene de fikk. Dette var noe hun satte stor pris på. Ut fra observasjoner i klasserommet så jeg mye av det Vilde snakket om. Antallet operasjoner og algoritmer som elevene skulle kunne i hodet ble betydelig redusert med bruk av CAS. Et konkret eksempel var likninger. Så å si alle oppgaver av denne typen løses i TI ved en enkel kommando: "Solve".

De flinkeste elevene sa at IKT gav dem muligheter til å gå dypere inn i matematikken og jobbe med vanskeligere problemstillinger enn det som var mulig med den vanlige kalkulatoren.

6.5 Hindringer

I løpet av intervjuene kom både lærere og elever med innspill der de mente at datamaskinen ikke bidrog i læringsprosessen. Jeg observerte dette selv i timene og når elevene jobbet med oppgaver under intervjuene. Da jeg spurte lærerne om de kunne se noen ulemper med bruken av IKT fikk jeg følgende svar:

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
60	12:18	OER	Hvilke ulemper ser du med programmene skolen bruker?
61	12:20	Stian	Ulemper? Er det noen ulemper? Jeg kan ikke finne noen store
62			ulemper med programmene annet enn ulempen er når teknikken
63			svikte. Da virker alltid papir og blyant.

Intervju med Stian 191005

Et noe overraskende svar. Stian kunne ikke på noen måte se at IKT hadde noen negative sider. Til en viss grad kan dette ha sammenheng med undervisningsmodellen ved MVGS der elevene hele tiden måtte skrive fullstendige løsninger på alle oppgaver og ikke kunne utnytte potensialet i Derive til å gjøre utregninger. Det kan også ha en sammenheng med at de har brukt denne undervisningsmodellen i flere år nå og var trygge på at det ikke finnes noen store uheldige konsekvenser med IKT-bruken deres. At han kommenterte teknologien som et problem kan jeg skjønne. I løpet av de fire ukene jeg tilbrakte ved skolen opplevde undertegnede aldri en time der alle elevene hadde sine PCer. Noen maskiner måtte alltid til reparasjon. Dette skyldes nok i stor grad at PCene var noen år gamle og så ut til å bli behandlet litt røft. Odd nevnte også datasvikt som en av de største hindringene han hadde i undervisningen.

Ved FVGS hadde de et litt mer skeptisk syn til IKT.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
13	06:00	Ole	Ei av ulempene er at det blir litt mekanisk. At det blir bare, at de
14			trykker bare inn på PCen løsningene, og tenker mindre
15			matematikk selv. Så det er utfordringen å legge til rette

Intervju med Ole 111005

Her er Ole inne på noe meget sentralt. Han så i motsetning til Stian at IKT kan føre til at elevene kun trykte seg fram til svaret og ikke la vekt på forståelse. En slik holdning og forståelse for bruken av IKT kan være et viktig bidrag til å få til en god implementasjon og stimulere læring. Da er læreren klar over faren for instrumentell læring ved bruk av IKT. Den store utfordringen ligger i hvordan en skal legge opp undervisningen slik at en kan få til en undervisning der elevene ved å bruke dataprogrammene tilegner seg mye mer kunnskap enn ved å bruke papir og blyant. I tillegg opplevde både FVGS og MVGS at elevene ofte var innom MSN¹ eller Internett i timene og gjorde andre saker enn matematikk. Om dette var uheldig eller om det kunne være en grei pust i bakken i ny og ne er diskutabelt. Men ut fra det jeg så, hadde de svake elevene en tendens til å tilbringe mye tid på MSN.

Et av de største problemene i innledningen var at elevene fokuserte for mye på verktøyet, sa lærerne. Dermed konsentrerte elevene seg ikke om matematikken. Resultatet av dette var mye bortkastet tid på å finne fram i dataprogrammene, og lite utbytte av timene. For å unngå dette la begge skolene stor vekt på grunnleggende opplæring. Ved MVGS hadde de laget en liten manual som alle elevene ble anbefalt å studere. I starten gikk lærerne også rolig igjennom alle tastetrykk i detalj. På FVGS hadde de laget materiell tilsvarende manualen til MVGS. I tillegg opplevde jeg at elevene la ut nye hurtigtaster og triks og tips på It's learning. På denne måten produserte elever og lærere i fellesskap en elektronisk manual. Dette fungerte bra.

Jeg observerte likevel enkelte ganger at elevene ikke fikk til oppgaver fordi de ikke behersket programvaren. Tre fenomener gikk igjen. Det første var at elevene måtte gjøre de rette innstillinger i programmene. På samme måte som på kalkulatoren måtte de velge om svaret skulle angis med desimaler eller på standardform. I timene og i intervjuer opplevde jeg at elever strevde med å tolke svarene de fikk på oppgaver når det ikke stemte med det læreren fikk, eller det som stod i fasiten. Noen av de samme problemene opplevde elevene når de skulle velge mellom radianer og grader. Flinke elever klarte raskt å se om svaret de fikk var galt og byttet da om til rett benevning. Særlig når svarene kom i radianer ble det vanskelig for mange. Både TI og Derive gav en generell løsning på trigonometriske oppgaver, og den vakte mye forvirring. Dette var en treningssak og etter hvert behersket elevene dette, men det var viktig at lærerne gjorde de oppmerksomme på problemet.

Den andre store hindringen var geometrioppgaver. På begge skolene ble slike oppgaver løst i Paint eller Word dersom det skulle gjøres med IKT. Dette er ikke programvare som er beregnet for denne typen oppgaver. Det er riktignok egnet dersom en kun skal lage hjelpefigurer for å gjøre oppgaver, men det finnes mye bedre programvare til slike formål. Et eksempel ville vært å ta i bruk Cabri. Det ble diskutert ved FVGS, men foreløpig følte ikke lærerne at de behersket dette godt nok. Elevene sa at det var blitt mye mer tungvint å jobbe med geometrien. Det tok lengre tid. "Konstruksjonene" i Word og Paint ble ikke gode nok og var vanskelige å analysere. De mente det ikke var hensiktsmessig å jobbe med geometri på denne måten. Denne delen av undervisningen bør skolene vurdere å gjøre noe med når elevene var såpass klare i sin tale. Hva som skal være læringsgevinsten ved å bruke ovennevnte program i geometri har jeg vanskelig for å se.

¹ Chatteprogram utviklet av Microsoft

Det siste problemet elevene snakket om var tekstopp-gaver. Flere elever sa at dette var vanskelig. ”Å finne ut hvordan mi skal plassere tallene...”, var et typisk svar fra elever. Å få programmet til å utføre beregninger var ikke vanskelig. Men å kunne lese informasjonen i en tekstopp-gave og overføre dette til matematikk ble ofte verre. De slet med å få satt opp stykkene korrekt. Resultatet ble at noen få elever tok i bruk en prøv og feil teknikk. De kombinerte tallene i oppgaveteksten helt til de fant fasitsvaret. I enkelte tilfeller ble også notasjonen til dataprogrammene en utfordring for elevene. Oppgaven stilles kanskje opp på en annen måte en hva de hadde gjort med penn og papir. Elevene kan delvis skylde på at datamaskinen her var selve hinderet. Forståelse av oppgaven ble likevel hovedproblemet. Elevene ville sannsynligvis hatt de samme problemene om de måtte bruke kalkulatoren og penn og papir.

En av elevene jeg intervjuet var svært kritisk til IKT. Han tilnærmet slaktet bruk av TI fordi han mente at matematikk går ut på å bruke hodet og finne svarene for hånd. En slik holdning er i utgangspunktet en hindring for å lære matematikk, mener jeg. Mange av de operasjonene en gjør i dagens skolepensum er såpass avanserte at en er avhengig av teknologi for å få det til innenfor rimelig tid. Elever som ikke bruker datamaskinen mye og misliker den sterkt vil kunne få problemer med å følge undervisningen da de ikke behersker verktøyet. Dette problemet bør skolene være oppmerksomme på. Denne elevens synspunkter vil bli diskutert mer i kapittel 7.6. Eleven har nok et lite poeng når han sier: ”mi blir bare dårligere i matematikken. Nå kan mi ikkje gjøre så mye med hodet lengre”. Testresultatene i PISA (Kjærnsli, Lie, Olsen, Roe, & Turmo, 2004) tyder på at elevene gjør det dårligere i matematikk sammenlignet med mange andre land, men å skylde dette på bruken av teknologi er neppe holdbart. Bruken av teknologi i forbindelse med oppgaveløsning vil bli fylldig drøftet i kapittel 7.

I den andre ekstreme retningen har jeg snakket med en elev som mente IKT er løsningen på alt. Chris sa at PCen blir mer og mer vanlig og kommer i så små formater at du kan ha den med deg over alt. ”Da trenger du ikkje å kunne like mye lengre”, hevdet han. Litt grunnleggende kunnskap som å kunne gange sammen enkle tall og addisjon, subtraksjon og enkle delestykker burde være nok. Ut fra mitt syn blir dette galt. Å satse på at datamaskinen skal gjøre alt vil slett ikke gjøre at elevene lærer mer. Den kan bare utføre det den blir bedt om gjennom et passende program. Slike holdninger som Chris har der han bare legger vekt på svaret, vil kunne bli en hindring når han skal lære seg matematikk. Hans syn vil bli drøftet mer i kapittel 7.6. I flere av intervjuene slet han ganske mye med algebraopp-gaver. Det var ikke datamaskinen som ble hovedproblemet hans da, men han skjønnte rett og slett ikke opp-gavene. Chris hadde ikke en forståelse for matematikken i problemene som skulle løses og valgte derfor en prøve og feile metode helt til han fant svaret som stod i fasiten.

6.6 Valg av programvare

Tidligere har jeg beskrevet programvaren som blir brukt ved de to skolene. FVGS begrunnet sitt valg av TI med matematikkprosjektet de deltar i. Fra NSMO ble de anbefalt TI. Lærerne sier selv at de manglet både tid og kompetanse for å kunne vurdere og foretrekke enkelte matematikkprogrammer fremfor andre. Derfor valgte lærerne å stole på NSMO. Ved den andre skolen hadde de prøvd ut en rekke programmer før de bestemte seg. Før brukte de TI, men i løpet av det siste året hadde Stian og Odd gått over til Derive. De mente det liknet mest på kalkulatoren og dermed var et bedre egnet verktøy. Dessuten likte de ikke at TI kommuniserte dårlig med Word som er deres hovedverktøy for skriving av matematikk.

For å kunne si noe om de pedagogiske overveielserne til lærerne var det viktig å få vite litt om hvordan de selv vurderte programmene de brukte i undervisningen. Fra FVGS velger jeg å ta med to uttalelser:

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
121	10:02	OER	Du har jo nå litt erfaring med TI. På hvilken måte mener du at programmet fremmer læring?
122			
123	10:10	Gro	Altså eg vet ikke om det er så radikalt annerledes enn å bruke grafisk lommeregner. Men det er jo veldig tilfredsstillende å få så ordentlige resultat. Altså å kunne presentere det ordentlig. Så eg synes jo at det er flott å få grafer fra TI i en besvarelse, det tru eg elevene har veldig sansen for. For oss som lærere er det jo noe helt annet å rette. Så du får jo et litt mer helhetlig produkt. Men eg tru ikke at det er noe revolusjon i forhold til matematikklæring.
124			
125			
126			
127			
128			
129			

Intervju med Gro 121005

Her kom Gro inn på flere sentrale momenter. Det første hun kommenterte var at forskjellen mellom TI og den grafiske kalkulatoren var liten. Det samme sa to andre lærere ved FVGS. Dersom forskjellen ikke var stor burde en forvente at TI også blir brukt på samme måte som kalkulatoren. Det gjorde den ikke. Selve undervisningsopplegget ved FVGS la kanskje en begrensning på bruken da de krevde at elevene kunne gjøre nesten alle operasjoner uten bruk av IKT. Lærerne sa at læringssituasjonen ikke ble endret med et CAS-program som TI. I teoridelen viste jeg til flere forskningsresultater som sier at en må ta hensyn til at IKT påvirker undervisningen og ikke ta lett på integreringen. TI er et avansert verktøy. Det er bygd opp som et dataprogram og ikke som en kalkulator. Bare i brukergrensenettet er forskjellen mellom TI og kalkulatoren stor. I tillegg er TI som Ane påpekte symbolbehandlende, noe kalkulatoren ikke er. Det andre Gro nevnte var at elevenes arbeider ble pene og oversiktlige. Særlig ble grafene mye bedre med bruk av IKT. Dette svaret gikk igjen hos alle lærerne. Det kan tyde på at fine og ryddige løsninger var viktig for lærerne.

Ole som har ansvaret for den svakeste gruppen ved FVGS trakk fram den hjelpen IKT kan gi svake elever.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
2	05:07	Ole	Det kan vise en del ting på skjermen som ikke ellers er så lett å vise. Det kan hjelpe de med mange av de tunge regneoppgavene som mange vil bruke mye tid på, og som de svake elevene ikke ville fått tid til i det hele tatt. Men viss du skjønner prinsippene for her er ei likning, og setter opp ei likning så kan programmet hjelpe oss til å løse en likning og problemstillinger som mi ikke kan klare uten. Men det er klart at det er jo et spørsmål i hvilken grad de lære og hva de forstår.
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Intervju med Ole 111005

Ole la vekt på at IKT kan hjelpe til med vanskelige og tunge utregninger slik at elevene faktisk kan få til noe. Han fortalte om flere eksempler der svake elever klarte å få til kompliserte beregninger ved å ta i bruk IKT. Dette var oppgaver disse elevene aldri ville klare å løse uten IKT. Ved å ta i bruk et CAS-verktøy kunne de nå overlate selve regnearbeidet til PCen og heller konsentrere seg om å forstå det matematiske innholdet i oppgaven. Følelsen av å få til noe kan virke stimulerende på læring. TI gjorde at svake elever også fant

matematikken litt mer interessant, mente han. Likevel var Ole litt skeptisk til om de faktisk forstod mer ved å bruke IKT. Denne skepsisen til om elevene bare trykker på tastaturet og godtar svaret er interessant, og vil bli drøftet nærmere senere.

MVGS kjørte konsekvent på at alt arbeid skulle føres inn i Word. Dette begrunnet de med at "alle" har Word, dermed er det lettere å dele filer med andre. Likevel bør en være klar over at Word ikke er et matematikkprogram og har sine begrensinger selv med bruk av Mathtype.

Siden MVGS brukte flere programmer enn FVGS førte dette også til at elevene i større grad kunne velge det de selv mente var mest hensiktsmessig. Under observasjoner i 3MX-klassen så jeg mange elever som brukte kalkulatoren i stedet for PCen. Alle utregninger de ikke klarte i hodet tok de på kalkulatoren. Elevene førte deretter inn svarene fra kalkulatoren i Word. Dette valget er forståelig så lenge alle mellomregninger måtte gjøres. Da var det mye mer hensiktsmessig å bruke en liten og rask kalkulator enn et CAS-program. Noen elever valgte likevel å bruke flere av programmene. De gjorde valg ut fra hva oppgavene handlet om. Roy som var en flink elev brukte både Derive og TI. Han hevdet at TI var mye bedre på grafer, derfor ble det et naturlig verktøy i det temaet. Men til vanlige oppgaver foretrakk han Derive. Flere elever brukte denne inndelingen. Det skyldes nok at lærerne lærte de opp i at TI er et bra verktøy til grafer, mens som de sa "Derive er kalkulatoren vår". I utgangspunktet var det flott at elevene selv valgte hvilke program de skulle bruke ut fra hva som var hensiktsmessig. Dette krever trening og erfaring. Elevene ved MVGS så ut til å kunne klare dette på en veldig fin måte.

6.7 Differensiering

En av de store pedagogiske utfordringene for en lærer er å få tilrettelagt materialet slik at alle elevene har utbytte av undervisningen. Begreper som tilpasset undervisning og differensiering går ofte igjen. Ved å ta i bruk IKT burde en kanskje kunne komme litt lenger i denne prosessen. Jeg interesserte meg tidlig for hvordan lærerne mente at de la opp til differensiering. Noe overraskende så mente ikke lærerne at IKT i første rekke brukes til å hjelpe til med differensieringen. Det var mer et av flere virkemiddel de hadde.

Odd trakk blant annet fram læringsplattformen som ett hjelpemiddel. Ved MVGS legges fullstendige løsningsforslag ut på It's learning. Dermed kunne de elevene han ikke rakk å hjelpe i timen gå inn der og sjekke om deres løsning var tilfredsstillende. Dette fungerte meget bra, mente Odd. Under observasjonene så jeg ofte at elevene hentet ned løsningsforslag før de spurte læreren om hjelp. Elevene ønsket heller selv å se om de kunne klare å forstå det, før de ville ha assistanse. På denne måten ble det frigjort en god del tid som læreren kunne bruke på elevene som trengte litt mer oppmerksomhet.

Ukeplanene var hovedverktøyet for differensieringen. Gjennom den forsøkte lærerne å lage oppgaver med forskjellige vanskelighetsgrader. Disse ble delt inn i forskjellige nivåer der elevene selv valgte hvilke oppgaver de ville gjøre. Dette førte til at en del kun regnet på de letteste problemene.

Det jeg kanskje så på som det største differensieringsproblemet var hvilke oppgaver som skulle løses ved hjelp av penn og papir og hvilke en kunne bruke TI på. Dette var et problem som lærerne også så, men kanskje følte at de ikke helt hadde et fasitsvar på. På FVGS sa de at alle problemstillinger som var tilrettelagt for kalkulatoren nå ble løst ved hjelp av TI. Dette åpnet for mange muligheter. Det betyr blant annet at oppgaver der en før brukte kalkulatoren

for å gjøre mellomregninger nå i sin helhet kan gjøres i en operasjon. Dette effektiviserer i stor grad oppgaveløsningen, men i hvilken grad bidrar det til mer kunnskap?

6.8 Matematikkprøver og bruk av læringsplattform

En av utfordringene med å ta i bruk IKT blir at en må tenke nytt også når en skal lage prøver. Lærerne fortalte at dette gav dem en del utfordringer. Før fikk en poeng dersom en fikk til utregning. Det gjør en ikke lenger dersom en kan ta i bruk PCen og ikke trenger å vise alle stegene i løsningen. Lærerne ved FVGS sa at de nå gav mye vanskeligere oppgaver på del-to fordi elevene hadde mer regnekraft i dataverktøyet. De ble tvunget til å lage noen nye oppgaver. Ved å bare bruke samme type prøver som en hadde før så ville nesten alle fått til alt. Det ville ikke blitt noe testing av kunnskap, men kun testing av om de kan TI.

Både Odd og Stian sa at de brukte de samme prøvene som før. Ved å kreve at elevene viser utregninger i Mathtype så hjalp det dem lite på prøvene at de hadde et verktøy som kunne regne ut svarene. Igjen trakk lærerne ved denne skolen fram læreplanen. Siden de underviser etter samme læreplan som andre skoler som ikke brukte IKT var det ikke nødvendig å tenke på nye oppgaver i prøvesammenheng, hevdet de.

Elevene ved MVGS så likevel flere fordeler med å ha IKT tilgjengelig under hele prøven. Roy nevnte blant annet at han nå jobbet annerledes med prøvene. Når han fikk en oppgave han ikke skjønte eller ikke fikk til med en gang så han i notatene på PCen og på eksempler for å se om han kunne få noen ideer. Denne strategien virket nesten alltid i følge Roy. Med datamaskinen tilgjengelig hele tiden kunne han sjekke om han fikk rett svar på oppgavene. Roy skrev ofte inn oppgavene i Derive og dermed fikk han en fasit slik at han visste hvilket svar han skulle komme fram til. Liknende svar fikk jeg fra andre elever ved MVGS. Det var helt tydelig at de satte pris på å ha PCen tilgjengelig som et slags kontrollapparat under prøvene. Ståle sa i intervjuet at den største fordelen med digitale prøver var muligheten for rette opp feil. Før måtte han gjøre om mye på en oppgave dersom han oppdaget en feil. Nå var det kun noen tastetrykk som skulle til for å rette opp slike slurvefeil.

Elevene på FVGS uttrykte seg også positivt til å bruke PCen under prøvene. Elevene i 1M hadde kun hatt en prøve med datamaskin da jeg intervjuet dem. Denne ble godt mottatt. En av elevene uttalte følgende: "Og den var ganske annerledes. Det gjør det jo mye enklere å få det mer nøyaktig, for eksempel med grafer". Chris så gjerne at han kunne bruke TI på alle matematikkoppgavene. Åsa hadde en interessant oppfatning av hvordan prøvene nå var inndelt. Del-en testet hva hun kunne, mens den andre delen av prøven mer gikk på anvendelse av kunnskapen for å løse et problem. Denne forståelsen er i tråd med lærernes beskrivelse av hvordan prøvene burde være.

Elevene fra 2MX ved FVGS likte også prøver med bruk av TI. Likevel hadde de noen negative merknader. Hans syntes blant annet at todelingen av prøvene fikk et negativt utslag. Før kunne han gå tilbake å kikke på en oppgave dersom han ikke fikk den til med en gang. Nå som de måtte levere inn del-en før de kunne ta i bruk IKT, forsvant denne muligheten. Sue opplevde at forberedelsene til prøvene ble litt vanskeligere. Siden boka ikke hadde gode IKT-oppgaver følte hun at hun kanskje ikke fikk trent nok på denne typen oppgaver i forberedelsen.

Ved å ta i bruk It's learning som læringsplattform fikk læreren og elevene også en ny mulighet for veiledning og evaluering. Gjennom læringsplattformen gjennomførte elevene ved FVGS flere spørreundersøkelser der de fikk uttale seg om hvordan de likte å bruke datamaskinen. Lærerne la også ut en undersøkelse der de prøvde å kartlegge hvor mye

elevene jobbet med matematikken utenom skolen. Lærerne ved begge skolene brukte It's learning for å gi tilbakemelding til elevene. Særlig ved prøver gav de en liten kommentar til hver enkelt på læringsplattformen. Som et kommunikasjonsverktøy brukte elevene læringsplattformen til lite annet enn å få ut informasjon. De tok sjeldent selv initiativet til å sende spørsmål til lærerne. Noen unntak var det. Caro fortalte at hun ofte sendte over oppgaver hun ikke fikk til. Da gikk det som regel ikke lange tiden før hun fikk svar fra Odd. Elevene selv sa at de fikk den hjelpen de trengte og gav tilbakemeldinger i timen. De så ikke behov for å bruke læringsplattformen til annet enn å hente ut informasjon. Noen av lærerne ved FVGS uttrykte at de skulle ønske at elevene ble mer aktive på It's learning slik at en lettere kunne bruke dette som et verktøy for å holde kontakten utenom skoletiden.

6.9 Samarbeid

Undervisningsmodellene ved begge skolene har tvunget fram et tettere samarbeid mellom lærerne. Siden elevene i 1M på FVGS fritt kan vandre mellom gruppene ble det viktig at lærerne snakket nøye sammen om hva som skulle gjennomgås. Dermed ble det ikke slik at når en elev byttet gruppe så kom han til en gruppe som holdt på med et annet tema. Eneste forskjellen skulle være vanskelighetsgraden. Berit fremhevet at lærerne var nøye med å bruke TI likt i alle gruppene. En skulle gå igjennom akkurat det samme, men det kunne være at lærerne brukte CAS-programmet litt annerledes i de ulike gruppene. Bedre og tettere samarbeid satte samtlige lærere pris på.

Odd og Stian fortalte at de hadde delt ansvaret mellom seg. Begge lærerne underviste både andre og tredje klasse. Odd tok ansvaret for 2MX, mens Stian utviklet arbeidsmaterie for 3MX. Dermed var de nødt til å ha tett kontakt. Timene på klassetrinnene lå også parallelt slik at de kunne vandre litt mellom klasserommene og gi hverandre teknisk assistanse dersom dette trengtes.

Ingen av skolene hadde vektlagt samarbeid mellom elevene. Det var mer uorganisert kontakt som oppstod ved behov. Elevene jeg intervjuet var litt delt i synet på samarbeid. De fleste likte best å jobbe alene. Dersom det var noe en ikke forstod spurte en gjerne sidemannen om hjelp. Da var det greit å ha oppgaven på datamaskinen. Den har en stor skjerm slik at den som skulle hjelpe lett kunne se hva eleven hadde gjort.

Elevene som likte samarbeid mente at dette bidro til at de lærte mer. De kunne bruke mer tid på å diskutere løsninger og se om de var på rett vei. Denne elevgruppen var de svakeste i matematikk. Lærerne så på det som en fordel at disse elevene likte samarbeid og utnyttet sine litt flinkere medelever.

6.10 Planlegging av undervisningsøkter og lærerens "nye" rolle

I de fleste av intervjuene spurte jeg lærerne om hvordan de hadde planlagt undervisningen. Lærerne selv sa at egentlig hadde ikke forberedelsene forandret seg mye.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
313	27:50	Gro	Ja då går eg jo først igjennom stoffet sånn som	
314			eg alltid har gjort det, og tenker matematikken i	
315			det. Og prøver å tenke pedagogisk hvordan får	
316			mi lagt dette frem. Og så i løpet av prosessen	
317			tenke eg jo då TI. Hva har den å bidra med her?	
318			Er det noe nytt de må lære i forhold til TI?	
319			Mange ganger kan jo TI være et veldig aktuelt	

320			hjelpemiddel, men det er ingenting nytt. Å då	
321			berøre ikke eg TI. Då er det bare sett i gang og	
322			regn. Sånn at då er det bare matematikken som	
323			blir gjennomgått.	

Intervju med Gro 121005

Gro var den læreren med minst erfaring innen IKT. Måten hun snakket om planlegging hadde mye til felles med det andre lærere fra FVGS sa. I utdraget over pekte Gro på at hun egentlig ikke gjorde mye annerledes, men heller vurderte hva TI kunne bidra med. Dermed ble ikke forandringene store, bortsett fra at hun måtte ta hensyn til et verktøy til.

Noen av lærerne ved FVGS laget også halvfabrikater av regneeksempler som skulle brukes i TI. Disse ble gjort tilgjengelig for elevene på læringsplattformen. Denne fremgangsmåten valgte nesten alltid Berit. Da kunne elevene bli mer aktive når nye momenter ble gjennomgått. De kunne selv delta i selve skriveprosessen på TI. Ole var akkurat som Berit opptatt av å finne gode eksempler. Under planleggingen av timene gikk mye av tiden med til å finne disse og få eksemplene til å passe med å bruke TI.

Odd og Stian opplevde at planleggingen nå tok mye mer tid. Dette skyldes at de laget alt stoff selv. For hver time laget Odd tre typer matematisk stoff. Først laget han en teoridel, ofte i Word eller Mathtype. Deretter laget han en oppgavedel, med mange forskjellige problemer som elevene skulle løse. Det siste han laget var et fullstendig løsningsforslag. Alt materialet ble gjort tilgjengelig før timen på It's learning.

I selve planleggingen måtte lærerne også vurdere hvordan de ønsket å presentere de matematiske temaene. Et problem som av og til oppstod var at det ble for mange tastetrykk slik at elevene ikke hang med. Derfor planla lærerne nøye hvordan de skulle presentere tastetrykkene og funksjonene som skulle brukes i en undervisningsøkt. Odd mente at en under planleggingen måtte være nøye med å få gode og informative skjermbilder. For mange grafer eller utregninger på en gang prøvde han å unngå. Dette skapte bare forvirring hos elevene hadde han erfart.

Det var kun en av de seks lærerne jeg intervjuet som mente at hennes lærerrolle hadde gjennomgått en forandring. Gro hadde lite erfaring i å undervise med IKT. Hun opplevde det som en overgang når TI kom. Den største utfordringen følte hun lå i måten hun nå uttrykte seg på i timene. Ved å bruke datamaskinen måtte Gro bli mer bevisst på hvordan hennes undervisningsspråk hang sammen med ord og uttrykk som TI brukte.

Selv om IKT alt har fått en mer sentral plass i lærernes hverdag så oppfattet de ikke at deres rolle gjennomgikk store endringer. De ble litt mer veiledere, men om dette kun skyldes datamaskinen var flere av dem usikre på. Berit og Ane underviste i tillegg i IKT, og mente at timene heller ble mer lik IKT-timene deres. En felles oppfatning blant lærerne var at matematikkfaget nå fikk et løft og ble mer oppdatert. Moderne teknologi har blitt en sentral del i de fleste fagene hevdet de. Derfor var det naturlig at også matematikken nå fulgte etter. Ole og Stian snakket i intervjuene om at selve formidlerrollen nå var blitt forandret. Ved å kunne kombinere bruk av IKT og tradisjonell undervisning med tavlen følte disse lærerne at de lettere kunne formidle matematikken (se også kapittel 7.4).

6.11 Tastetrykking og utvikling av instrumentell forståelse

En av de største utfordringene med bruk av et kraftig IKT-verktøy blir å passe på at elever ikke trykker seg fram til svarene uten å ha noe forståelse for matematikken som ligger bak maskinens beregninger. Dette stiller store krav til organisering og presentasjon av nytt stoff. Ved begge skolene mente lærerne at de hadde lagt opp undervisningen slik at elevene ikke bare utviklet instrumentell forståelse. Særlig lærerne ved FVGS var opptatt av denne problematikken. De åpnet i del to på prøvene for fri bruk av IKT. På direkte spørsmål om hvordan de prøvde å unngå ureflekterte tastetrykk eller det Skemp (1976) referer til som instrumentell forståelse (se også kapittel 3.1.2) sa Ane at: ”Ja eg synes mi dekke litt inn i den der del-en”. Hun vektla altså i større grad forståelse i det arbeidet elevene gjorde med papir og blyant. Det var der hun testet at elevene kunne regne. Denne måten å regne på testet elevene i det som blir kalt prosedyrekunnskap (Hiebert & Lefevre, 1986) (se også kapittel 3.1.2). På del-to brukte de maskinen på en litt annen måte. Lærerne ved FVGS var veldig klare på at de brukte del-en for å sikre seg at elevene virkelig forstod teoristoffet. Det var der elevene måtte vise at de kunne regne og ikke bare overlate dette arbeidet kun til maskinen. Gro uttrykket seg på en litt annen måte om del-to: ”Eg er jo veldig nøye på at de skal ha begrunnet svar og at de skal skrive tekst”. Dermed stilte hun krav om at elevene måtte analysere oppgavene grundig og forklare svarene for at de skulle få godkjent løsning.

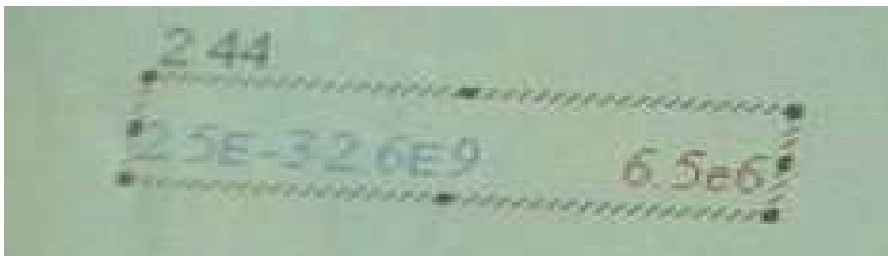
Undervisningsmodellen til MVGS gjorde at de ikke kom opp i den samme problematikken som FVGS. ”For mi krever at de skal vise fremgangsmåter. Så de som trener seg på ureflekterte tastetrykk, de går det dårlig med”, sa Stian. Odd gav et liknende svar. Ut fra observasjoner jeg hadde i timene til Odd og Stian hadde de helt rett i sine uttalelser. Det var ikke mange elever som bare satt og trykte i CAS-programmene. I stedet brukte de Mahtype og førte inn oppgavene med alle mellomregninger slik at det ikke skulle være tvil om hva de hadde gjort.

Når jeg spurte elevene om de likte at datamaskinen gav dem et svar uten å vise mellomregninger fikk jeg litt forskjellige tilbakemeldinger. ”Eg synes det er heilt greit”, sa Eli. Flere andre elever delte nok dette synet. Særlig svake elever likte at de nå kunne få god hjelp til tunge utregninger. De bekymret seg lite over at de ikke forstod alt som skjedde. Fikk de rett svar på oppgavene, ble de fornøyde. Flinke elever var derimot litt skeptiske til om de gikk glipp av kunnskap. ”Så nå trenger du jo heller ikke forstå det for det regne det ut. Så det er vel gjerne litt negativt”, sa Hans. Matematikk handler om å forstå og ikke bare kunne regne ut svaret på oppgaver. Derfor ble det for lett å bare taste seg fram til et svar, mente flere. Hans var ikke bare negativ til at han ikke forstod alt. I oppgaver der det ikke var nødvendig å forstå alt, mente han at en like gjerne kunne trykke seg fram til svaret.

Sue var kanskje den eleven som kom med det mest interessante svaret på spørsmål om tastetrykking. Hun så både positive og negative sider med den bruken FVGS hadde. Det hadde sine fordeler ved at arbeidet gikk fortere, men Sue skulle gjerne ha sett mellomregningene. Dersom hun hadde skjont alt som maskinen gjorde, så var det greit. Men å bare få presentert svar uten å skjønne hva som hadde skjedd gjorde henne usikker. Derfor likte Sue at de måtte gjøre mye med penn og papir først, for da visste hun litt mer hva det var PCen gjorde når den regnet ut svar på oppgaver. Flere ganger følte Sue at hun bare fikk presentert et svar på en oppgave og lærerne sa at hun bare skulle godta at slik var det. Dette likte hun dårlig.

Elevene på MVGS hadde et litt annet syn på dette spørsmålet. Siden de alltid førte oppgaver i Mathtype brukte de heller datavektøyet som kontroll. Flere av elevene jeg intervjuet sa at de

alltid sjekket svarene på oppgaver i Derive. Fikk de et annet svar enn det de fikk i Mathtype måtte noe være galt en plass. En kunne starte på nytt og jobbe seg fram til det korrekte svaret. Roy mente at dette var til stor hjelp, siden han slet med mange slurvfeil. Når han kunne sjekke løsningen på denne måten, fikk bedre han kontroll over feilene.



Figur 1: Eli Gjør oppgave 2.44

Under er et utdrag fra da Eli løste en oppgave. Elevene hadde i over en uke terpet og trent på denne typen oppgaver. Bildet til venstre viser hvordan Eli jobbet med oppgaven. Hun var ikke veldig nøye med å skrive inn tekst.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
1	06:44	Eli	((Ber Eli gjøre oppgave 2.44)). (10) Nå står det helt stille. Eg gjorde just den på mandag.	Eli skriver inn oppgaven på TI og forklarer underveis.
2				
3	07:16	OER	Hva tenker du nå?	
4	07:19	Eli	Nå tar eg to komma fem milligram (3) og ganger det med to komma seks milliarder. Milliarder er?	
5				
6			(6) Kjære mennesk! (16) Oi! ((Skriver inn følgende på TI: $2.5 \cdot 2.6e9$)). (4) Er det feil?	
7				
8	08:10	OER	Hvor mye veide ett snøfnugg?	
9	08:14	Eli	To komma fem milligram.	
10	08:17	OER	Mhm, to komma fem milligram er det samme som?	
11				
12	08:21	Eli	Og ja! Minus tre ((mener $2.5e-3$)). ((Begynner å rette opp feilen)). To komma fem ganget med	
13				
14	08:45	OER	Hvordan tenker du nå? Du skal finne?	
15	08:48	Eli	Hvor mye to komma fem milliarder støvfnugg veier når ett veier to komma fem milligram.	Hun skriver inn følgende på TI:
16				
17	08:58	OER	Og då tar du?	
18	08:59	Eli	Då gange eg. Då tar eg kor mye det veier ganger antall.	$2.5 \cdot 10^{-3} \cdot 2.6 \cdot 10^9$
19				
20	09:07	OER	Flott!	$= 6.5 \cdot 10^6$

Intervju med Eli 261005

Denne typen oppgaver løste elevene i 1M mange av. Flere gjorde som Eli, skrev inn informasjonen i oppgaven og trykte på "enter" og sjekket deretter fasiten. I liten grad tenkte de særlig over hva oppgaven handlet om og spurte etter. I utdraget over måtte jeg korrigere henne litt da hun var i ferd med å skrive inn feil. Det er positivt at de fikk til denne typen oppgave. Eli klarte å forklare kort hvordan hun tenkte. Så det hun gjorde var ikke helt ureflektert, men det bar litt preg av at det kun dreide seg om å kunne slå inn noen tall og se om det gav fasiten. Jeg ba også Åsa og Chris om å gjøre tilsvarende oppgaver. De gjorde akkurat som Eli, men forklarte seg litt mer nøyaktig, selv om også disse elevene gjorde noen småfeil. Mange elever ved begge skolene brukte lite tid på å reflektere over oppgavene og

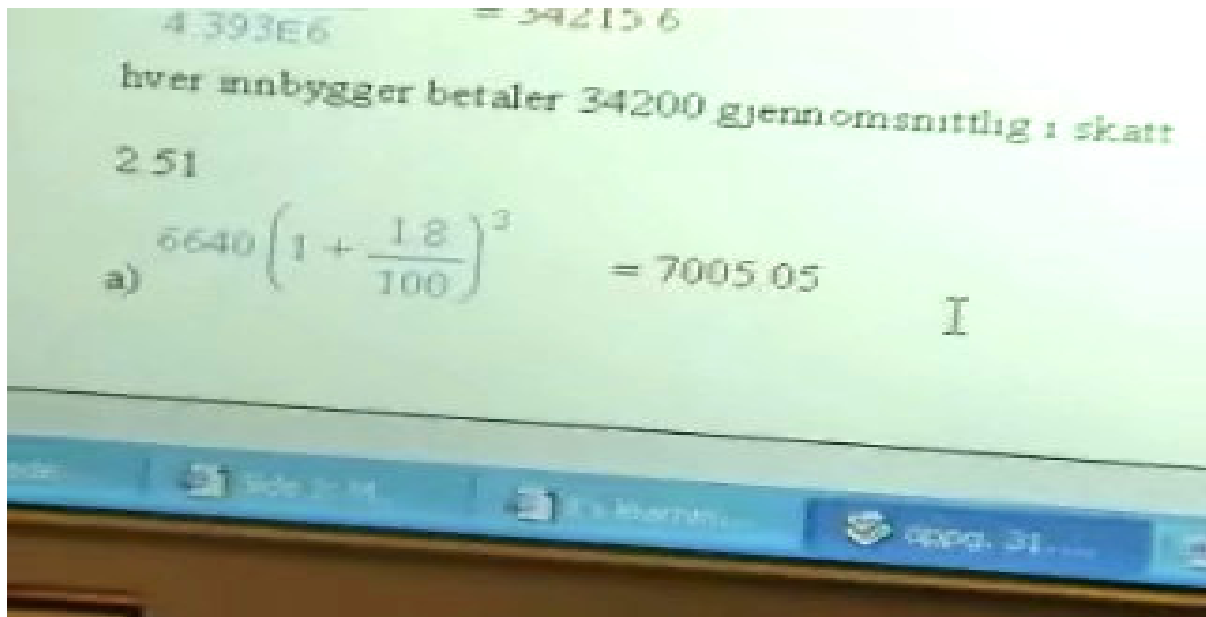
planlegge en strategi for å få dem til. Det nærmeste en kom strategi var det som Vilde fortalte. Hun studerte alltid eksemplene nøye og brukte de for å se om det gav informasjon hun kunne bruke i oppgaveløsningen. Mange gikk bare i gang og sjekket om de fikk fasitsvaret og så gikk de videre.

Uken etter skulle 1M jobbe med enda litt vanskeligere algebraoppgaver. Kaia fra FVGS fikk da raskt noen utfordringer. Bildet på neste side vises det hvordan hun jobbet med oppgaven.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
1	00:00	OER	Kan du forklare meg hvordan du tenker?	Kaia jobber med oppgave 2.51. På tavlen står et eksempel med prosentvis vekst som hun prøver å bruke for å løse oppgaven. TI gir følgende feil: EVAL ERROR. Missing. Kaia får fram svaret: $6640\left(1 + \frac{1.8}{100}\right)^3 = 7005.5$
2	00:02	Kaia	Er du spinnvill.	
3	00:06	OER	Bare prøv.	
4	00:09	Kaia	((Sitter stille og tenker lenge.)) (18) Eg må tenke innvendig.	
6	00:31	OER	Si høyt hva du tenker.	
7	00:35	Kaia	Det som står på tavla.	
8	00:40	OER	Skal du bare kopiere det eksemplet?	
9	00:43	Kaia	Nei! ((Hun fortsetter å slå inn på TI, og får en feilmelding for hun bruker komma i stedet for punktum.))	
12	01:11	Kaia	Er det den du bruker, når du skal opphøye? ((peker på ^.))	
14	01:16	OER	Mhm.	
15	01:17	Kaia	((Hun fortsetter å jobbe med TI, men skjønner ikke feilmeldingen hun får.))	
17	01:34	Kaia	((Kaia har oppdaget feilen og fått rettet den opp.))	
19	01:36	OER	Hvordan tenkte du når du gjorde den oppgaven? Du tok?	
21	01:41	Kaia	Hæ.	
22	01:41	OER	Hva tenkte du når du gjorde den oppgaven. Da tok du seks tusen seks hundre og førti og ganget med?	
25	01:45	Kaia	Og ganget med en komma åtte prosent som er. En komma åtte for det er en komma åtte prosent pr år.	
28	01:55	OER	Mhm.	
29	01:56	Kaia	Og så dele eg på hundre for det er hundre prosent.	
31	01:59	OER	Og så opphøyde du det i tredje fordi at?	
32	02:01	Kaia	Du skulle finne det etter tre år. Hvor mye det er etter tre år.	

Observasjon i 1M FVGS 311005

I utdraget over viste Kaia at hun delvis behersket denne oppgaven. Hun evnet å forklare litt. Kaia klarte også å tolke den feilmeldingen som kom opp. Den skyldes den vanlige feilen med bruk av komma i stedet for punktum i TI. Men da hun sa at hun ikke skrev av tavlen var ikke det helt riktig. Like før Kaia startet på denne oppgaven hadde læreren gått igjennom et identisk eksempel, kun med andre tall. Så det eneste hun trengte å gjøre var å sette inn rette tall. Under hele opptaket sitter hun og kikker opp på tavlen for å få med seg neste steg i



Figur 2: Kaia løser oppgave 2.51

løsningsprosessen. Det ble mye tastetrykking og lite forståelse av det matematiske innholdet som måtte til for å løse problemet. Måten Kaia jobbet med TI var typisk for den lette gruppa ved FVGS. Elevene så veldig nøye på eksempler og prøvde i størst mulig grad å kopiere dem. Dette var en suksess for mange elever. De fikk til oppgavene og kom seg videre. Følelsen av at de klarte noe og mestret denne typen oppgaver mente gruppas lærer Ole var viktig. Han så selv at det ofte ble mye instrumentell forståelse og lite relasjonsforståelse (Skemp, 1976). Ole mente at elevene produserte mye porsedyrekunnskap og lite relasjonsforståelse (Hiebert & Lefevre, 1986). Derfor prøvde han hele tiden å være nøye med å forklare hva som skjedde underveis når han gjennomgikk eksempler. På den måten ønsket han at elevene også skulle utvikle litt relasjonsforståelse og ikke bare bli opphengt i løsningsteknikker.

6.12 Oppgavetyper

Et av de viktigste poengene i de første intervjuene var å få et innblikk i hvordan lærerne planla undervisningsøktene. Særlig interesserte jeg meg for hvilke oppgaver lærerne valgte når de brukte IKT, og hvordan de unngikk at elevene kun trykte på tastaturet uten å forstå matematikken. Stian og Odd har en ganske klar definisjon av hvilke oppgaver de velger:

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
93	24:00	Odd	Der har mi helt bevisst lagt oss på den linja at IKT skal ikke styre undervisningen. Mi ska, mi ska, mi følge den ordinære fagplanen. Så mi ska ikke lage egne oppgaver som er tilpasset IKT. Mi ska kjøre de helt tradisjonelle oppgavene som har vært når mi kjørte med lærebok.
94			
95			
96			
97			

Intervju med Odd 201005

Helt tilsvarende uttalelser hadde Stian. Det Odd sa om at de forholdt seg til læreplanen og ikke brukte nye oppgaver var naturlig med de kravene de hadde om at alle føringer skulle gjøres i Mathtype. Læreplanens formuleringer og eksamensoppgaver skal nok også ta litt av skylden for at lærere ved MVGS uttalte seg på denne måten. I mange eksamensoppgaver står det "vis ved regning". En slik formulering gjorde at en måtte trene elevene opp i å skrive fullstendige løsninger, hevdet lærerne. Til en viss grad uttrykte lærerne at de kunne ønske å

bli kvitt en del vanskelige beregninger som for eksempel delvis integrasjon og heller la maskinen ta seg av den. Da ble det mulig å fokusere mer på anvendelser av integralet i stedet for å kun klare å regne ut en oppgave. En kan jo tenke på hva elevene egentlig lærer ved å kunne utføre en mengde forskjellige beregninger, sa en lærer. Vil elevene lære mer matematikk dersom de kan slippe litt av dette maset om å kunne vise alt i detaljer, og heller fokusere på å forstå hva de egentlig driver med? Denne problemstillingen opptok både Odd og Stian. Hjelpemidlet som ligger i CAS-programmene gjorde at oppgavene ofte ble enkle å løse. Det virket litt tungvint og unaturlig at en ikke tok i bruk nye typer oppgaver for å nå målene i læreplanen når en hadde en teknologi som åpnet for å jobbe annerledes med matematikken. En utnyttet i liten grad potensialet i Derive og TI innrømmet de. I oppgaveutvalget ligger en av de store hindringene for en god bruk av IKT, mener jeg. I kapittel 7 vil utformingen av oppgaver bli drøftet nærmere.

Ved FVGs har de et litt annet syn på oppgaver.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
17	08:25	Ole	Og så opplever mi jo at lærestoffet er ikke tilpasset IKT.
18			Oppgavestoffet er heller ikke det. Sånn at der må mi justere. Mi
19			gjør litt selv men det blir liksom litt halvveis.

Intervju med Ole 111005

Tre av fire lærere ved FVGS pekte på at de savnet oppgaver hvor de kunne bruke CAS-verktøyet skikkelig. ”Oppgaver der elevene virkelig får vist genial bruk av TI har vi ikke enda”, sa Gro. De opplevde nok litt frustrasjon i forhold til at oppgavene ble litt i enkleste laget. Lærerne viste til at mye av det de før opplevde som vanskelig, ble nå lett fordi datamaskinen kunne utføre beregningene. Før lærerne tok i bruk TI kunne derivasjonsoppgaver med bruk av kjerneregel bli sett på som vanskelig. Det å finne et toppunkt var heller ikke det enkleste. Nå ble dette kun noen få tastetrykk. Flere andre elementer i dagens pensum har nå blitt betydelig enklere å håndtere dersom en kun er ute etter rett svar på en oppgave. Dermed står vi overfor en del utfordringer, mente Gro. For å prøve å gi oppgavene mer mening laget de nå noen små varianter. Under kommer et eksempel på det de mente. Oppgaven er hentet fra en prøve i 2MX ved FVGS den 08.11.05:

Oppgave 3

Forskere har gjennom flere beregninger kommet fram til at folketallet i en kommune x år etter 1. januar 2000 vil være gitt ved:

$$f(x) = 12500 + \frac{6000x}{10 + x^2} \quad x \in [0, 15]$$

- Tegn grafen til $f(x)$.
- Hvor mange innbyggere var det i kommunen 1. januar 2000?
- Når var, eller vil folketallet i kommunen bli, 13 000?
Vis at du kan finne svaret både grafisk og algebraisk.
- $f'(3, 162) \approx 0$
Hva forteller dette om folketallet i kommunen?
- Når vil folketallet i kommunen avta raskest innenfor denne perioden?

Hvor mange innbyggere vil folketallet avta med på dette tidspunktet?
Hvor mange innbyggere vil det være i kommunen på dette tidspunktet?

I stedet for å legge hovedvekten på svaret i oppgaver, så de heller på elevens løsning og evne til å bruke IKT fornuftig i løsningsarbeidet. I hvor stor grad de lykkes med dette kan nok diskuteres. Utvikling av nye oppgaver var noe lærerne stadig jobbet med. I muntlige samtaler sa to av lærerne at de forventet det vil komme nye læreverk som var mer tilpasset dagens teknologi når kunnskapsløftet blir tatt i bruk.

Begge skolene brukte oppgaver hentet fra læreverk og utviklet noen oppgaver selv. Dette gav en del utfordringer som bør kommenteres. Blant annet var lærerne klar over at de brukte oppgaver som var laget for svakere hjelpemidler enn CAS-programmene de anvendte. Derfor sa Ane at en av de store utfordringene i planleggingen av timene var å finne virkelig gode problemer som egnet seg for TI. Å kunne lage oppgaver slik at de skilte de flinke matematikkelevne fra de svake var kanskje den største utfordringen. Oppgavene som finnes i læreverkene ble veldig enkle dersom elevene fikk lov til å bruke datamaskinen til å løse selv de mest komplekse algebraoppgavene. I oppgavene la lærerne ikke så mye vekt på om elevene klarte å få til rett svar for det er kun snakk om å kunne verktøyet. Oppgavene ble heller utformet slik at de må gi en tolkning av svaret og forklare hva det betydde, slik som i oppgaven over. Praktiske oppgaver var et tema som gikk igjen. Oppgaver med problemer som elevene kan relatere til for eksempel arbeidslivet fungerte bra.

Elevene jeg intervjuet var litt delt i synet på oppgavene de jobbet med. Noen sa: "Oppgavetyperne har ikke forandret seg mye. Det er mye av det samme, bare at nå gjør mi utregninger med PCen i stedet for kalkulatoren". Andre mente at det meste ble enklere, særlig var det å jobbe med grafer blitt mye lettere nå. Dette skyldes at elevene ble godt lært opp i å bruke CAS-verktøyene på grafoppgaver. Grunnen til at oppgavene har blitt enklere tror jeg skyldes at de har fått et verktøy som er et mye bedre hjelpemiddel enn det oppgavene opprinnelig var laget for. Elevene trengte ikke å kunne alle algoritmene for å løse oppgaver. Det var nok å få satt opp stykke korrekt. Dermed ble det for mange elever kun snakk om å lære seg å bruke verktøyet for å løse de samme problemene. Forskjellen var at nå gikk det fortere som en av elevene påpekte. På enkle tallopgaver syntes jeg dette ble mindre vellykket. I læreverkene var det mange regnestykker av den typen. Om de lærer noe mer matematikk er jeg skeptisk til dersom IKT kun brukes på denne måten. Det ligger ikke mye refleksjon og tankearbeid i å kun skrive inn stykke og deretter trykke "enter". Lærerne kommenterte dette slik: "Vi må være litt smarte når vi lager oppgavene."

Også noen av elevene etterlyste bedre oppgaver. Blant annet sier Sue: "Oppgavene i boka er ikke tilrettelagt til IKT." Uten at alle elevene ved FVGS sa det direkte, så tror jeg dette var et problem som de stadig opplevde. Dette kan ikke dokumenteres i datamaterialet, men gjennom samtaler med mange elever kom de stadig med ytringer om at de ikke følte seg helt komfortable med oppgavene de gjorde på PCen. Sue kom ved flere anledninger inn på problematikken rundt hva som hun kan anvende maskinen til og hva hun måtte kunne for hånd. I timene jeg tilbrakte i klasserommet brukte elevene mer av tiden med penn og papir enn de gjorde foran PCen. Dette skyldes utelukkende at de mente at de måtte trene mest på del-en oppgaver som skulle gjøres med penn og papir. Dermed ble det for meg enda tydeligere at skal IKT virkelig kunne brukes fornuftig i klasserommet så må en ha noen oppgaver som er laget slik at elevene også ser nødvendigheten i å ta i bruk datamaskinen for å øke læringsutbytte.

Elevene opplevde at den største forskjellen var at lærerne nå laget oppgaver der de mer måtte forklare svarene sine. Det holdt ikke å få til utregningene. Det kunne virke som lærerne hadde lykkes med å gjøre elevene mer bevisste på prosessen som ledet fram til konklusjonen. Jeg mener at å jobbe i denne retningen er fornuftig. Da blir IKT et verktøy som brukes for å løse et problem og selve svaret oppfattes ikke som eneste målet, men det å kunne skjønne hva en gjør og kunne gi en tyding av oppgaven blir viktigere. Får en til dette i enda større grad enn det jeg observerte så får muligens IKT en mer naturlig plass i undervisningen, og det blir ikke halvveis slik som Ole bekymret seg for.

6.13 Algebra

Ved anvendelse av et CAS-verktøy, kan en kanskje forvente at elevene klarer å løse algebraoppgaver lettere. Ved å ta i bruk et slikt verktøy kan elevene slippe mange tunge og vanskelige algebraberegninger. Flere av lærerne jeg intervjuet sa at algebrakunnskapen til elevene var blitt dårligere med årene. Elevene hadde problemer med å gjøre enkle operasjoner. Blant annet observerte jeg at elevene slet en del med faktorisering av uttrykk. Som Gro sa: "Det går ikke av seg selv".

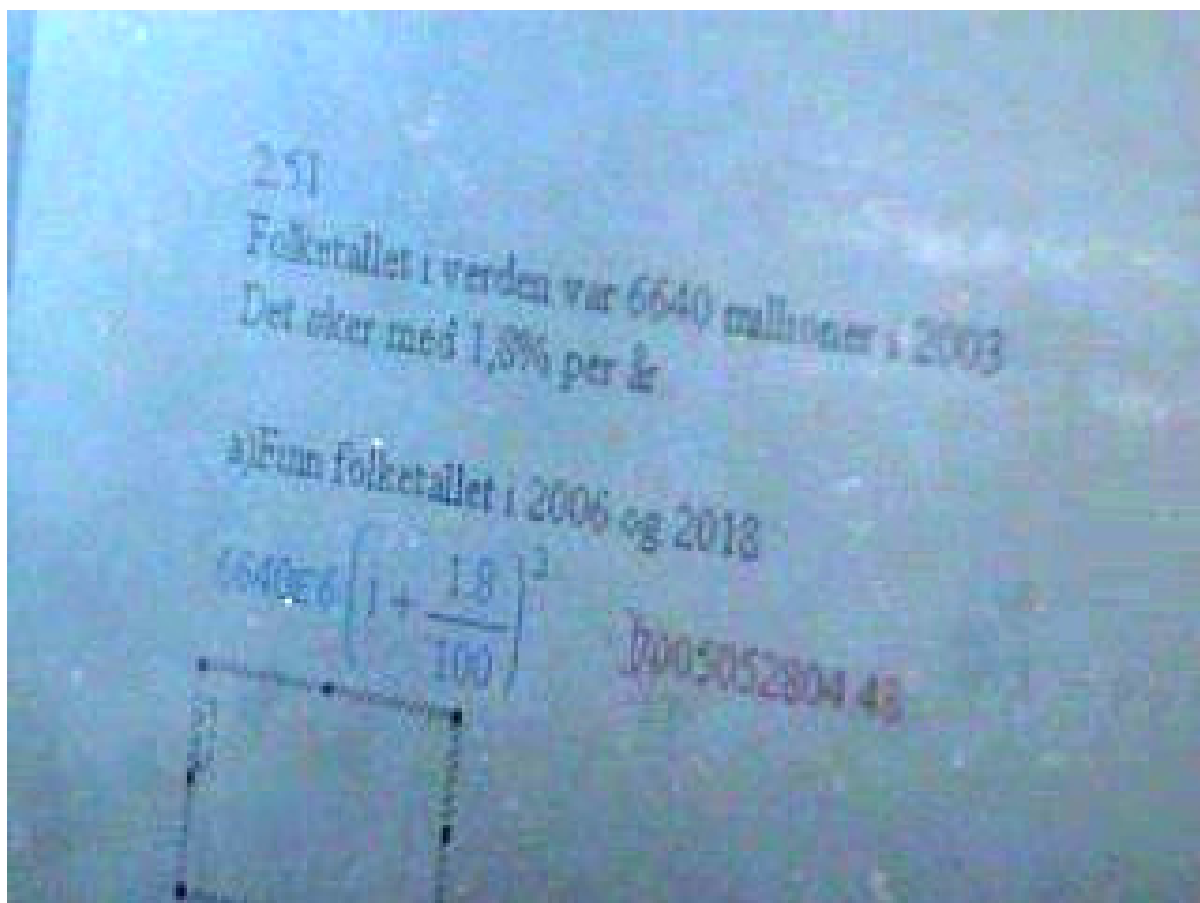
Å kunne en algoritme for å få til oppgaven, blir ikke problemet. Fokuset kan flyttes til å sette opp regnestykke på korrekt måte, så kan heller PCen ta seg av utregningen. Dette kommenterte både lærer og elever som en av de positive sidene ved å ta i bruk IKT.

Her kommer to typiske eksempler på algebraoppgaver fra FVGS. Begge disse episodene er hentet fra intervju jeg gjorde med jenta kort tid etter at læreren hadde gjennomgått vekstfaktorer og brukt vekst i populasjoner som eksempel.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
21	02:55	Eli	Skriver opp navnet på oppgaven. Skriver inn informasjonen som eg har foran meg. ((Skriver inn teksten i oppgaven.))	Oppgave 2.51
22				Slår inn på TI:
23				6640 E 6 ·
24	03:54	Eli	Då finner mi først i to tusen og seks.	
25	03:56	OER	Hvordan gjør du det?	
26	04:00	Eli	Då tar eg folketallet i to tusen og tre (5), og det er millioner så det blir opphøyd i seks. Og så	$(1 + \frac{1,8}{100})^3$
27			ganger eg det med ((Pause på 9 sek før hun begynner å skrive igjen.))	Legg merke til at hun bruker komma.
28				Slår inn på TI:
29				6640 E 6 ·
30	04:42	OER	Hvorfor ganget du det med det ((med vekstfaktoren))?	
31				
32	04:46	Eli	For det er det liksom prosenten det øker med. Husker ikke hva det heter. Vekstfaktoren. Og så opphøyer det i tre for det er om 3 år til. ((TI gir feilmelding.)) Då mangle eg noe. (6) Ja eg har skrevet feil. Kan ikke ha sånn et komma.	$(1 + \frac{1.8}{100})^3$
33				
34				
35				
36				

Intervju med Eli 021105

Dette var et typisk eksempel på hvordan elevene løste oppgavene. Eli skrev inn oppgaven og ba TI utføre beregningene. Det var fint å se at Eli la vekt på oppstilling av oppgaven. Hun forklarte helt greit hvordan hun tenkte oppgaven utført. Hun slapp å tenke på hvordan dette uttrykket skulle regnes ut. Dette var i tråd med det lærerne mente med at en slipper at algebraen hindrer dem i å få til matematikken. Det negative ble at hun utførte fem oppgaver som var så i si identiske med denne. Det ble dermed en trening i å stille opp denne typen



Figur 3: Eli jobber med oppgave 2.51

oppgaver. Måten hun skrev oppgaven på var også identisk med hvordan læreren gjennomgikk denne typen problemer på. En kan stille spørsmål ved om hun bare kopierte en algoritme uten å legge for mye vekt på matematikken. Jeg la merke til at språkbruken hennes ikke var helt presis. Hun evnet ikke i detalj å forklare hva vekstfaktoren egentlig er. Også andre elever jeg intervjuet svarte ”det er liksom så mye den øker”. Det er ikke dermed sagt at hun hadde klart å forklare dette begrepet bedre dersom hun bare hadde jobbet uten PC. Da hadde Eli muligens også fått større problemer med utregningen. Hun taklet fint den feilmeldingen som kom opp fordi hun brukte komma i stedet for punktum. Akkurat denne feilen var typisk for elever både ved FVGS og MVGS. Dette kan ha sammenheng med at elevene med penn og papir var vant til å bruke komma, mens TI forlanger punktum.

Neste utdrag handler også om algebra og tar for seg likningsløsning med TI. Jeg ba Eli gjøre denne oppgaven i et intervju og går inn etter at hun har studert oppgaven litt. Eli har stusset på hvordan dette skal løses, men kom fram til at det ble en likning. Dermed visste hun at en ”solve-kommando” måtte til.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
125	11:30	Eli	Då blir det opphøyd i x .	Sår inn på TI:
126	11:33	OER	Hvorfor opphøyd i x ?	sovl (12500 ·
127	11:36	Eli	Fordi eg vet ikke hvor lang tid det tar.	$(1 - \frac{5}{100})^x =$
128	11:28	OER	Mhm.	7500)
129	11:39	Eli	Så må mi skrive. ((Slår inn noe feil i TI.))	
130	11:40	OER	Må mi ikke ha hvor mye det er lik? Det skulle	

131			være lik sju tusen fem hundre dyr.	
132	11:47	Eli	Jo. Ska eg skrive er lik då? Eg har ikke peiling.	
133	12:02	OER	Hva skjer visst du skriver er lik nå. Sju tusen fem hundre.	
134				
136	12:06	Eli	Er lik sju tusen fem hundre.	
137	12:09	OER	Så trykker du ikke <i>enter</i> etterpå. Hva står det der nå?	
138				
139	12:17	Eli	At det ganger det er sju tusen fem hundre.	
140	12:20	OER	Er det det mi ska finne?	
141	12:24	Eli	Nei.	
142	12:25	OER	Sikker på det? Kikk i oppgaven. Der står det.	
143			Det er tolv tusen fem hundre dyr. Det minker med fem prosent hvert år. Finn igjen hvor lang tid det er før det er igjen sju tusen fem hundre dyr. Har mi då skrevet opp rett likning?	
144				
145				
146				
147	12:42	Eli	Ja.	

Intervju med Eli 021105

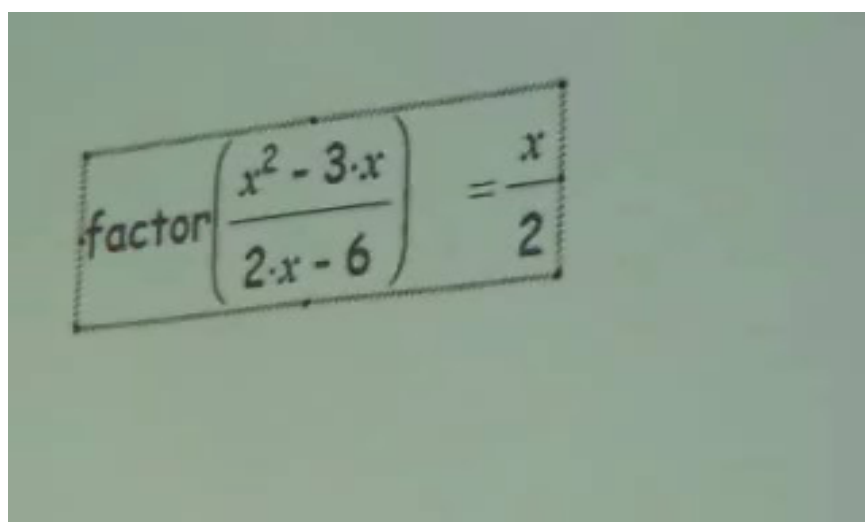
Hun slet med å få satt opp en korrekt likning. Det endte med at jeg omtrent måtte si at dette var rett oppsett. Eli var ikke alene om å slite med å få satt opp likninger korrekt i TI. De andre elevene i 1M slet også tilsvarende med dette. I utgangspunktet burde ikke overgangen fra den forrige oppgaven jeg viste til denne være stor. Eneste forskjellen var at en her må regne ut en ukjent og jobbe med en likning i stedet for et stykke som er rett fram å regne ut. Selve likningen ble nok ganske vanskelig for elevene å løse. Læreboken la opp til en prøv og feilm metode så sånn sett var det bra av elevene å kunne klare å finne en nøyaktig løsning. Her mente flere av lærerne at noe av styrken med CAS-programmene lå. Elevene kunne med letthet få til vanskelige oppgaver. Lærerne kunne bruke tid på å forklare oppbygningen av likninger og forståelsen av dem i stedet for å lære dem en prøv og feilm metode som enkelte ganger kunne være lite anvendbar og tidkrevende.

Et av de andre temaene som ble gjennomgått ved FVGS var faktorisering. Lærerne i første klasse uttalte at dette var et litt vanskelig tema for mange elever, men at det med trening gikk greit. I utgangspunktet mente lærerne at faktorisering burde gjøres med penn og papir. Å be TI om å gjøre dette, ble for enkelt. Men i en større oppgave der faktorisering bare var et element i en lengre utregning kunne de tillate at TI gjorde denne jobben. Derfor valgte de å lære elevene opp i dette. I utdraget som følger viser jeg hvordan Berit introduserte faktorisering med TI. Hele introduksjonen ble holdt på storskjerm. Elevene gjorde akkurat de samme operasjonene på sine PCer samtidig som Berit viste de på storskjermen.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
19	02:28	Berit	Mi gjekk inn på. Eg tok først frem mathboksen. Så gjekk eg inn på math her oppe ((peker med musa på skjermen)). Der oppe, ser dere der. Så gjekk eg på algebra. Her nede. Nå er dere stille. Hvert fall nå. Så då tege mi algebra. Og så velge mi faktor der. Så ska mi faktorisera.
20			Og dokke kunne ha skrevet det selv. Akkurat som dere skrev solve selv. Så kan dere like godt skrive factor selv, som å gå i
21			menyvalget. Men der velge dere litt forskjellig så eg. Noen valgte å skrive selv og noen valgte å gå i menyene.
22			Så ska mi skriva inn stykke mi ska faktorisera. Då går mi å velge
23			
24			
25			
26			
27			
28			

29			oss en brøk først, sånn! Så tar mi, ska mi sette inn x i andre. Då
30			går mi å finne potensene her oppe ((peker på menyvalg med
31			musa)). Det var på knapp nummer to. Velge du tegn sånn. Så
32			skrive dere x eller trykke x her ((trykker på x i menyen)). Og så
33			opphøyer den i andre. Og for å komme opp på neste plass så kan
34			dere trykke tabulatortasten sånn som dere har gjort før. Og skrive
35			inn et to-tall eller bruke mathboksen og trykke det inn. Då får dere
36			inn x i andre. Så skrive mi minus tri x . Så går dere ned under
37			brøkstreken. Skriver to x og minus seks. Og dette har dere gjort
38			mange ganger så det går greit. ((Berit tar en runde rundt i
39			klasserommet og kikker at alle har fått dette til)).
40	05:16	Berit	Og når dere faktoriserer så får dere? Hvis dere tar parentes slutt
41			nå((må ta parentes for å avslutte uttrykket slik at TI kan regne det
42			ut)). Og så dere trykte enter. Faktoriserer den?

Observasjon 1M FVGS 131005



Figur 4: Berit viser faktorisering på TI

I fra monologen over så en at Berit var meget nøye med å gi nøyaktige instruksjoner for hvert eneste tastetrykk. Samtidig med at hun snakket flyttet hun musa rundt på skjermen og pekte nøyaktig på de forskjellige knappene som elevene skulle trykke på. Med en slik presis instruksjon håpet hun at elevene skulle klare å følge med og få til dette. Etter

gjennomgangen tok hun seg en tur rundt i klasserommet, og hjalp de som ikke fikk til oppgaven selv etter denne instruksjonen. Bildet viser hvor enkelt det var å faktorisere. Denne formen for instruksjon var ganske typisk for flere av timene i 1M. Lærene vektla en slags trykk for trykk instruksjon i mange sammenhenger. Dette mente de selv at var effektivt. Samtidig med at de sa hvilke taster som skulle trykkes på så gjorde elevene akkurat det samme på sine PCer. Da jeg gikk rundt i klassen til Berit og observerte arbeidet med faktorisering så jeg mye trykking på tastaturet. Elevene gjorde som Berit hadde sagt. De skrev inn "factor" foran stykket og trykte "enter". Deretter sjekket de svaret mot fasiten. Stemte det så gikk elevene videre og gjorde neste oppgave. Det var få ganger dette ikke fungerte. Som tidligere nevnt faktoriserer de av og til TI litt annerledes en hva som er vanlig. Ved enkelte anledninger trekker det ikke ut maksimalt antall faktorer. Dette kunne skape litt forvirring. Den største utfordringen for disse elevene var likevel å ha få stilt inn TI slik at svarene kom på ønsket form. Mange elever fikk svar oppgitt med desimaler i stedet for brøk. Derfor måtte Berit bruke litt tid på å vise hvilke innstillinger elevene måtte gjøre.

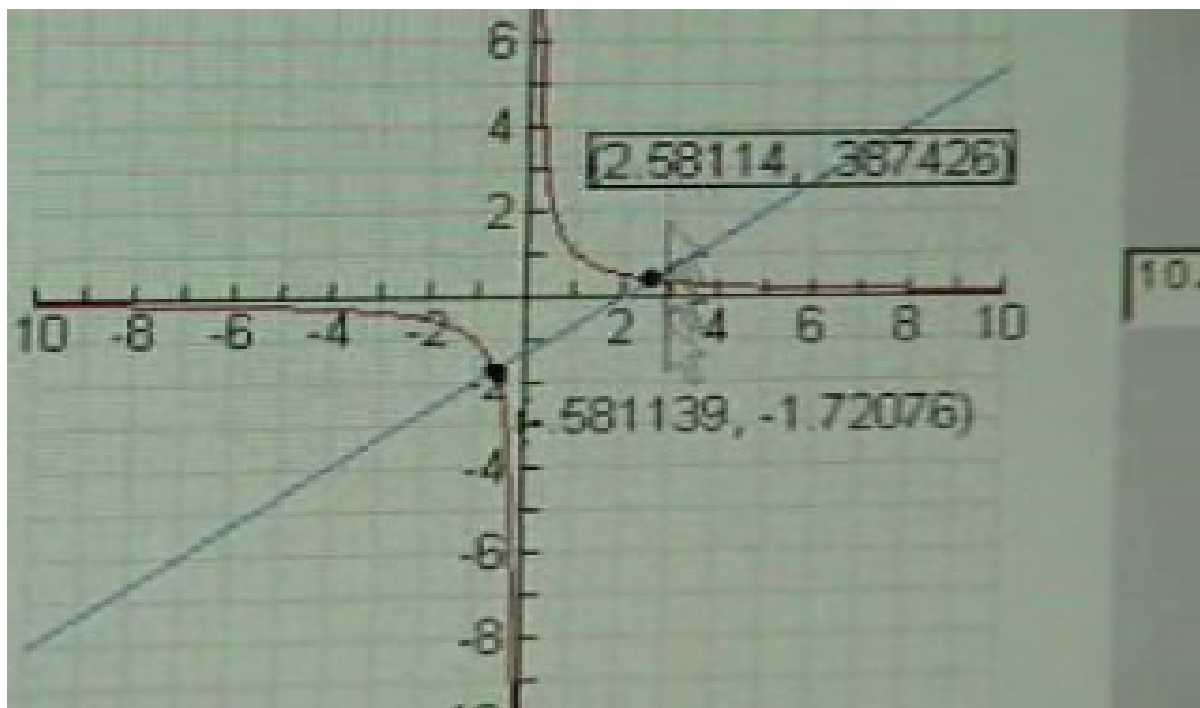
6.14 Ulikheter

Ulikheter var et av temaene elevene i 2MX på FVGS jobbet med den andre uken jeg var der. Gro lærte elevene opp i fortegnslinjer og viste hvordan ulikhetene skulle løses på den tradisjonelle måten. I tillegg til penn og papirvarianten viste hun enkelte elever hvordan de kunne anvende TI sin grafeditor til gjøre tilsvarende oppgaver. I et av intervjuene ba jeg Hans om å løse en ulikhet med kun å bruke TI. Utdraget under viser hvordan det gikk. Før denne dialogen starter prøvde Hans å gjøre oppgaven algebraisk i TI. Det fungerte dårlig. Etter at jeg gav han stikkordet graf gikk han over til å definere ulikheten som to funksjoner og studerte løsningen ut fra skjæringspunktene mellom to grafer.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
120	09:41	Hans	Hver side som en funksjon. F av x setter mi til to	Hans definerer: $f(x) = \frac{2x-4}{3}$ $g(x) = \frac{1}{x}$ Oppgaven er finn ut når: $f(x)$ $> g(x)$
121			x minus fire delt på tri. Og så setter g av x til en	
122			delt på x . Må bare passe på at mi ikke kalle den	
123			for f for det går ikke ((kan ikke definere to grafer	
124			med samme bokstav i TI og så tegne dem)).	
125	10:02	OER	Mhm, Og så?	
126	10:07	Hans	Så kjøre mi det inn i graf.	
127	10:09	OER	Ja.	
128	10:10	Hans	De forskjellige funksjonene. ((Tegner opp	
129			grafene på TI)).	
130	10:15	OER	Og løsningen er da?	
131	10:17	Hans	Løsningen er da at den blå skal være mindre enn	
132			den rød. Nei omvendt. Den blå ska være større	
133			enn den rød (($f(x)$ =blå og $g(x)$ =rød)).	
134	10:24	OER	Ja, og det er i fra hvor?	
135	10:31	Hans	Eg må først finne skjæringspunktene. Det er litt	
136			fint, greit og ha ((bruker TI til å finne	
137			skjæringspunktene)). (12) Skulle være mulig,	
138			greit å finne det også ((TI gir Hans ikke med en	
139			gang begge punktene så han må jobbe litt for å	
140			finne det)).	
141	10:55	OER	Mhm. Løsningen er då?	
142	11:01	Hans	Det er jo. Der er den jo høyere enn, altså i fra	
143			den siden ((viser på grafen)).	

Intervju med Hans 261005

I utdraget er det verdt å merke seg strategien han valgte. Hans definerte ulikhetene som to forskjellige funksjoner. Deretter brukte han TI til å tegne grafene og fant skjæringspunktene mellom dem. Dette gikk fort og greit. Hele operasjonen var gjort på ca. halvannet minutt. Det som ble den største utfordringen var å tolke grafene for å få bestemt når $f(x)$ var større enn $g(x)$. Her valgte han å stole på seg selv og ikke be programmet om å skravere løsningsområdene. Bildet på neste side viser hvordan grafene i TI så ut. Ut fra bildet analyserte Hans seg fram til svaret. Resten av dialogen er utelatt, men omhandlet i kort trekk hvordan svaret skulle presenteres. I tillegg brukte han litt tid på å forklare hvorfor den ene funksjonen ikke var definert for null, og hva det hadde å si for løsningen. Dette forklarte han tydelig og presist. Den lille "fellen" som lå i oppgaven ved at den ene grafen går mot uendelig når x går mot null var ikke en utfordring for Hans.



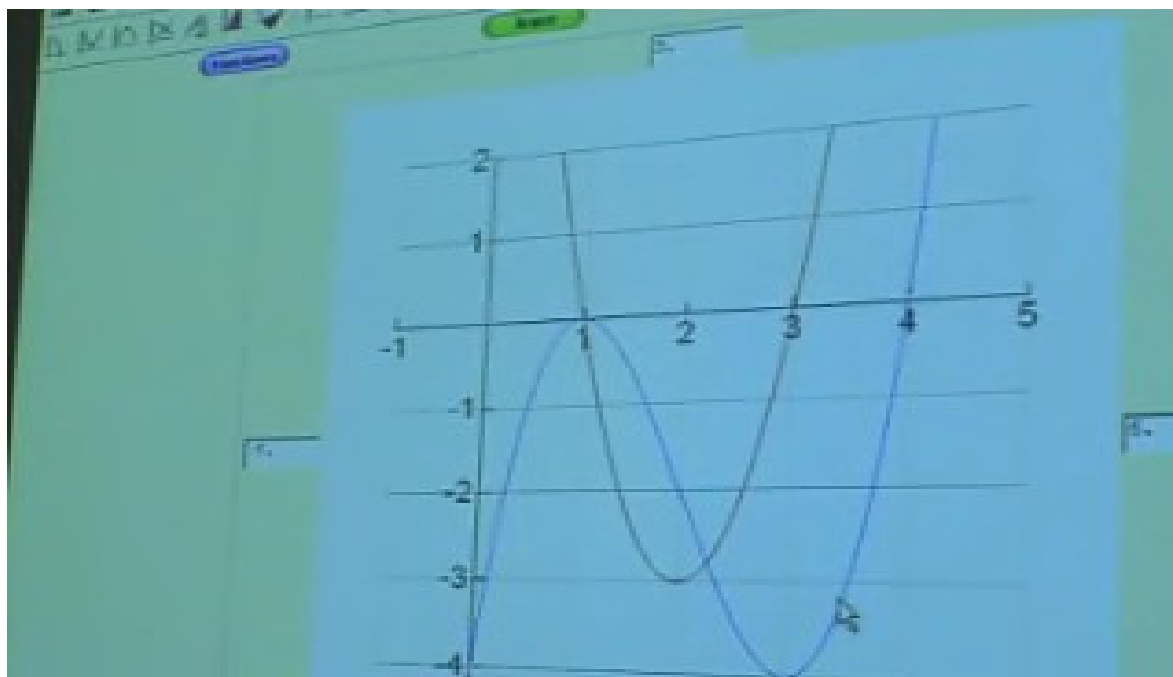
Figur 5: Hans jobber med ulikheter

I et annet intervju gjorde også Sue denne oppgaven på tilsvarende måte. Denne måten å jobbe med ulikheter på likte hun godt. Det var mer oversiktlig og gikk mye raskere, mente Sue. Når hun kunne se grafene hun jobbet med, ble det mye lettere å forstå hva hun gjorde fremfor å bare kikke på en fortegnslinje. I tillegg slapp hun å gjøre tunge utregninger og faktorisering av vanskelige uttrykk. Nå var det bare å få definert to funksjoner og tolke grafen, så var oppgaven løst. Lærerne ved FVGS var litt skeptiske til denne fremgangsmåten. De fryktet at elevene mistet kunnskap ved å kun løse oppgavene grafisk og ikke jobbe med fortegnslinjen. De likte ikke fremgangsmåten til Hans, selv om den ble godtatt som en fullverdig løsning.

Det var svært få elever som valgte å bruke IKT i ulikheter. De fleste mente at det å bruke IKT gjorde det så lett at de aldri ville kunne få det på en prøve. Derfor brukte de heller tiden på å lære seg dette med penn og papir. Blant annet var Hans inne på dette temaet i et av intervjuene. Han mente at lærerne alltid hadde en slags baktanke med IKT. Ingenting kunne være så lett at han bare kunne trykke seg fram til svarene mente han. Derfor prioriterte han alltid mest tid med penn og papir.

6.15 Funksjonsdrøfting

I flere uker under mitt opphold jobbet elevene med funksjonsdrøfting. Dette var det teamet som kanskje best fikk fram hvilke store fordeler det gir å ta i bruk IKT. På neste side vises et bilde fra timen der Gro underviste elevene i bruk av grafverktøyet i TI. Hun tok i bruk en tredjegradsfunksjon. Først viste hun elevene hvordan de skulle få TI til å tegne funksjonen. Deretter tok de i bruk "Trace-plotteren" og spaserte langs grafen og identifiserte topp-, bunn- og vendepunkt ved å studere stigningstallet. Dette forløp greit og elevene kom ikke med mange innspill. Deretter gjennomgikk Gro hvordan en fikk tegnet funksjonen, den deriverte og den dobbelderiverte i samme vindu. Dette var en steg for steg instruksjon som elevene greit klarte å følge. I utdraget under prøvde Gro å forklare elevene sammenhengen mellom funksjonen, den deriverte og ekstremalpunkter ved å studere grafene til de to funksjonene.



Figur 6: Funksjonsdrøfting i 2MX FVGS. Tredjegradsfunksjonen = blå, andregradsfunksjonen=rød.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
124	19:19	Gro	Og her fekk mi inn grafen til den deriverte. Og så får mi se om det stemte det mi sa i stad. Nå kan dere sitte selv og se om dere synes den stemmer med konklusjonene mi trakk i stad. ((Elevne forsøker å finne sammenhenger.))	Gjør et hopp igjen. Går inn når elevene har fått tegnet den deriverte og funksjonen i samme koordinatsystem .
125				
126				
127				
128				
129	20:07	Gro	Stemmer det? (10) Skal mi ta å repetere det. Hva var det mi sa i stad om den deriverte når grafen steg? Når grafen var voksende da var den deriverte? (4) Nå grafen stiger hva visste mi då om verdien til den deriverte?	
130				
131				
132				
133				
134	20:42	Elev	Positiv.	Gro er hele tiden nøye med å bruke musen til å peke på de områdene hun snakker om.
135	20:43	Gro	Han var positiv. Grafen stiger. Den deriverte er positiv. Han ligger over x-aksen. Ikke verre enn det. Han ligger over x-aksen. Når grafen synker så er den deriverte negativ. Han ligger under x-aksen. Og når grafen stiger igjen så er den deriverte positiv. Han ligger over x-aksen igjen. (4) Hvordan var det med topp og bunnpunkt og den deriverte?	Den blå grafen er funksjonen, mens den røde grafen er den deriverte av den blå grafen.
136				
137				
138				
139				
140				
141				
142				
143	21:18	Elev	((Et utydelig elevsvar som ikke er rett.))	
144	21:21	Gro	Ja, men hva visste mi om den deriverte i bunnpunktet? I bunnpunktet til f av x ?	
145				
146	21:27	Elev	Null.	
147	21:28	Gro	Ja, i bunnpunktet til f av x der var den deriverte null. I toppunktet til f av x der var den deriverte null. Og så vendepunktet, hva var det mi visste om den deriverte i vendepunktet? (4) Det var	
148				
149				
150				

151			bunnpunkt for den deriverte. Og verdien var	
152			minus tre.	
153			(6) Og så snakket mi om hul side ned. Og hva	
154			var det mi visste om grafen der hul side vendte	
155			ned? Då sank den deriverte. Mi ser den deriverte	
156			synker frem til vendepunktet. Hul side ned der	
157			synker den deriverte. Hul side opp der stiger den	
158			deriverte. Greit?	

Observasjon 2MX FVGS 311005

Denne dialogen og bildet på forrige viser hvordan Gro ved hjelp av TI sine grafiske presentasjoner forklarte elevene sammenhengen mellom ekstremalpunkter og de to funksjonene. Hun var meget bevisst i ordbruken. Hun startet med å trekke paralleller til det de i fellesskap gjorde med "Trace-plotteren". Deretter utfordret hun elevene til å se om de to grafene de hadde fått opp ga samme informasjon. Gjennom dialogen over ser en at dette stort sett gikk greit. Det var få avbrytelser og elevene så ut til å forstå det som ble sagt. Hun startet med å se på at den deriverte var positiv og viste til at da steg funksjonen. Deretter så de på hvordan grafen utviklet seg nå den deriverte ble negativ. Denne sekvensen ble avsluttet med at Gro forklarte sammenhengen mellom bunnpunktet til den deriverte og vendepunkt. Her kan en muligens være litt kritisk til ordbruken. Hun sa at bunnpunktet til den deriverte var vendepunktet. I dette tilfellet ble det rett, men det kan i andre tilfeller være toppunktet til den deriverte som blir et vendepunkt. Gjennomgangen fortsatte med at Gro viste sammenhengen mellom den deriverte og den dobbelderiverte ved å tegne disse i samme koordinatsystem. Det som ikke gikk fram av dialogen var at Gro i hele gjennomgangen brukte funksjonsknappene i TI for å finne ekstremalpunkter. Dermed lærte hun elevene en lett måte for å finne disse punktene.

I resten av timen som utdraget over er hentet fra, viste Gro hvordan en kunne gjøre denne typen oppgaver algebraisk. Hun gikk igjennom en steg for steg metode der elevene skulle få TI til å derivere funksjoner og finne den dobbelderiverte. Deretter regnet de i fellesskap ut både stingstallet til vendepunktet og funksjonsverdiene i ekstremalpunktene. Hun valgte å kun tilordne selve funksjonsuttrykket til en variabel. Uttrykkene til den deriverte og dobbelderiverte ble ikke tilordnet.

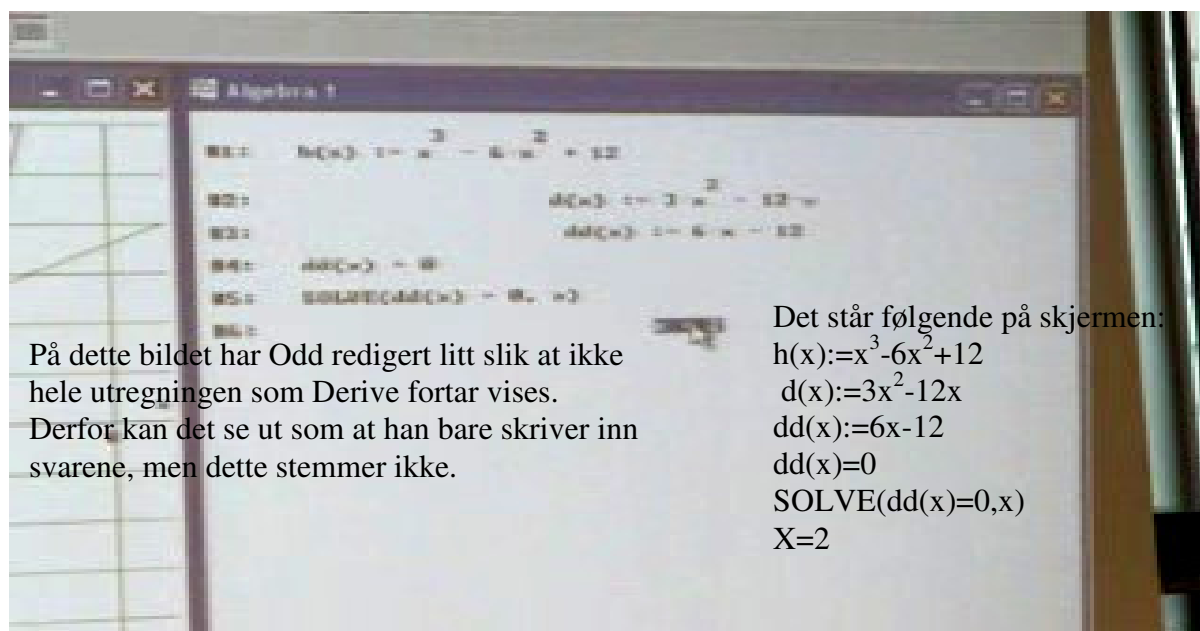
Utdraget over viser hvordan en kan utnytte TI til å illustrere matematiske sammenhenger. I oppgaveløsningen som fulgte etter gjennomgangen brukte samtlige elever TI og tegnet grafer. De utnyttet grafeditoren og fikk løst mange oppgaver. Svært få elever valgte å gjøre oppgavene algebraisk på TI. Mange sa at det gikk raskere og de forstod bedre hva de gjorde dersom de kunne se grafen. Derfor jobbet de fleste elevene heller i grafeditoren. Svarene "limte" de inn i arbeidsarket til TI sammen med grafen slik at læreren lett kunne se hvordan de hadde tenkt. Ut fra de observasjonene jeg gjorde så likte elevene å jobbe med funksjonsdrøfting ved hjelp av TI. Dette fungerte bra og det var få spørsmål om hjelp i disse timene.

Oppgaver der en skulle finne ekstremalpunkter og vendepunkter ble i hovedsak gjort på to forskjellige måter. Noen elever valgte kun å tegne funksjonen. Deretter brukte de grafeditoren til TI og trykte på knappene for å finne maksimums- og minimumsverdier. Når de jobbet med å identifisere vendepunktet brukte de "Trace-plotteren" og "spaserte" langs grafen. Elevene studerte da stigningstallet og så når det skiftet fra å vokse til å minke eller omvendt. Dermed

fant de vendepunktet. Denne fremgangsmåten gjorde at enkelte ikke klarte å finne stigningen i vendepunktet.

Den andre hovedretningen elevene tok var å tegne to grafer, en for funksjonen og en for den deriverte. Så brukte de funksjonsknappene i grafeditoren på samme måte som resten av klassen for å finne ekstremalpunkter. Denne metoden gav også stigningen i vendepunktet. For å finne den valgte elevene bare å kalkulere maksimum eller minimumspunktet til den deriverte.

Dessverre kom de til dette temaet på MVGS den siste uken jeg var der. Derfor vet jeg lite om hvordan elevene jobbet med dette temaet der. Likevel fikk jeg med meg lærerens introduksjon til funksjonsdrøfting. Akkurat som Gro valgte han en grafisk tilnærming først. Etterpå viste han en algebraisk tilnærming til likningen for vendetangenten som jeg vil presentere litt nærmere. Bildet under viser utdrag fra Derive. Der prøver Odd å vise elevene hvordan Derive kan brukes algebraisk for å finne vendepunktet.



På dette bildet har Odd redigert litt slik at ikke hele utregningen som Derive fortar vises. Derfor kan det se ut som at han bare skriver inn svarene, men dette stemmer ikke.

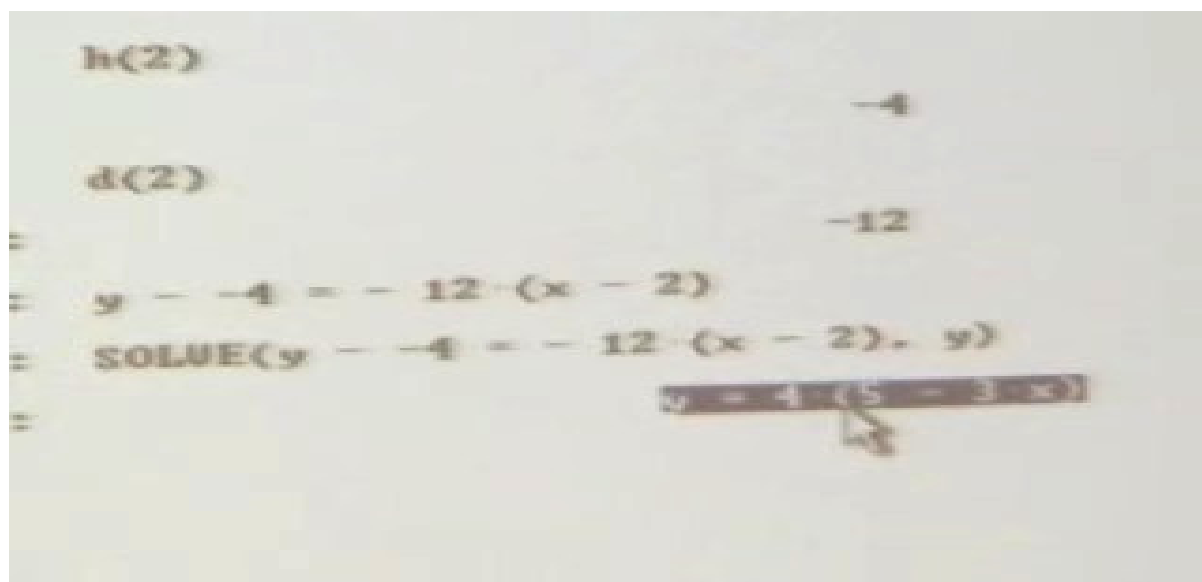
Figur 7: Vendepunkt 2MX MVGS

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
132	19:09	Odd	Det neste mi gjorde i går eller på mandag var å finne likningen for vendetangenten. Det mi gjorde da var å sette den dobbelderiverte lik null. Nå kan mi jo bare lese det ut av her ((peker på grafen)). At den dobbelderiverte er lik null når x er lik to. Men det er ikke alltid det er så enkle fine tall. Så da kan mi sette den lik null ((den dobbelderiverte lik null)). Da setter mi bare den funksjonen som jeg kalte dd , dd av x lik null. Så setter jeg den lik null. Den likningen der. Jeg trenger ikke ta med hele uttrykket for nå vet maskinen at dd av x er det uttrykket her ((uttrykket for den deriverte)). Det er for å slippe å skrive så mye. Og så går mi bare på <i>Solve</i> . Og	Skriver inn i Derive: $dd(x) = 0$
133				
134				
135				
136				
137				
138				
139				
140				
141				
142				
143				
144				
145				

146			så løser mi den likningen der med hensyn på x .	
147			Og da får mi x er lik to.	

Observasjon 2MX MVGS 231105

Funksjonen som Odd kalte $dd(x)$ er et uttrykk for den dobbelderiverte. Han prøver i utdraget over å vise elevene hvordan de skal finne nullpunktet for denne funksjonen. Siden Odd lærte elevene opp til å kun jobbe med variabler så trengte han ikke skrive inn hele uttrykket for den dobbelderiverte igjen for at elevene skulle skjønne hva han gjorde. Han kunne bare regne med selve variablene for uttrykket. Denne måten å jobbe på ble ikke elevene ved FVGS lært opp til. Odd mente at den største fordelene med denne fremgangsmåten var at det ble mindre å skrive. Elevene lærte seg å bruke programmet bedre og mer effektivt, hevdet han. I tillegg fikk han vist sammenhengen mellom algebraisk tilnærming og grafene på denne måten. Ved å kunne regne ut nullpunkter og ikke bare finne dem grafisk håpet Odd at elevene fikk se at det var flere måter å løse denne typen oppgaver på. Samtidig fikk han undervist litt om likninger.



Figur 8: Utregning av vendetangent 2MX MVGS

Det siste Odd viste i denne timen var utregningen av likningen for vendetangenten. Bildet viser hvordan dette så ut i Derive. I utdraget under viste han i detalj alle tallene elevene trengte for å få til denne likningen. Dette ble nesten en slags algoritmegjennomgang for å forklare nøyaktig hva elevene skulle trykke på for å få det til. Funksjonene som omtales under uttrykker selve funksjonen h og den deriverte av h nemlig d . Dette var navn som Odd selv valgte.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
150	21:22	Odd	Skal dere se hvordan mi gjør det her. Mi trenger	Skriver inn på
151			å regne ut h av to. Og da skriver mi bare her	
152			nede h av to. Sånn. Og så er lik. H av to er lik	$h(2)$
153			minus fire. Det vil si at vendepunktet har	
154			koordinatene x er lik to, y er lik minus fire. Og så	
155			skulle mi finne den deriverte for å finne	
156			stigningstallet. Og da skriver mi bare, det var det	Skriver inn på
157			mi kalte for, mi kunne kalt det hva mi ville. Jeg	Derive:
158	kalte det for d av to. Sånn. Den var minus tolv.	$d(2)$		

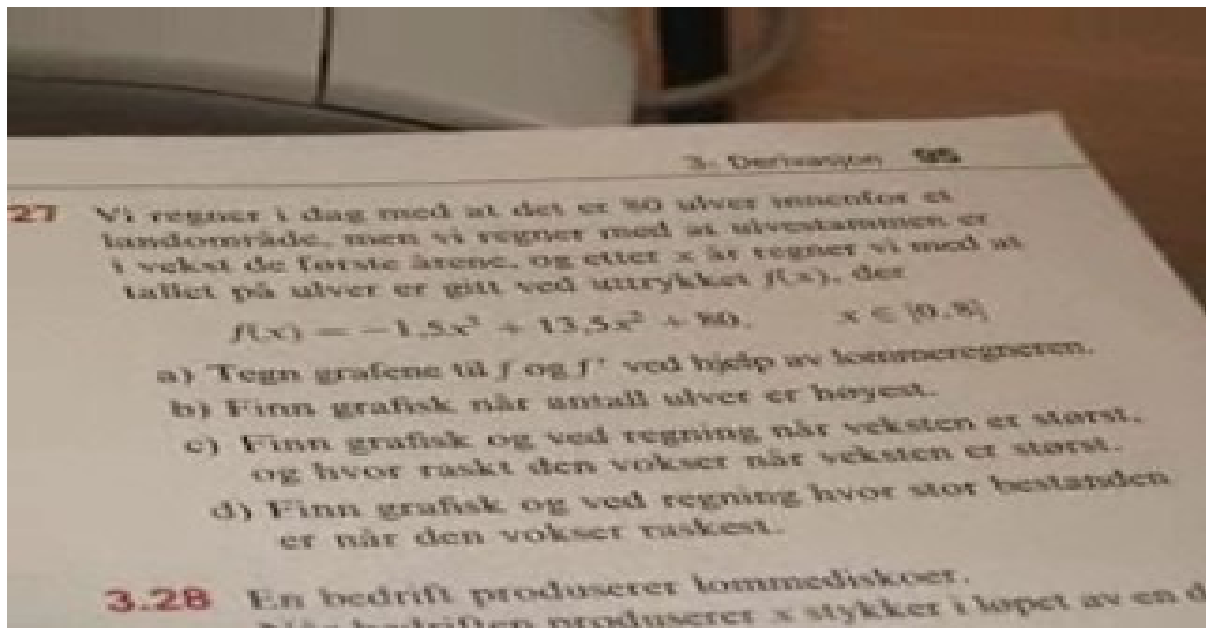
159			Det var minus tolv. Og så kan mi bare sette inn i	
160			ettpunktsformlen her. Mi kan si y , og så ble det	Skriver inn på
161			nå. Var det ikke y minus minus fire (3). Stemmer	Derive:
162			det? Og det er lik minus tolv, som var den	$y - (-4) =$
163			deriverte, som var stigningstallet. Og så ganger	$-12(x - 2)$
164			med x minus to. Sånn. Så kan mi bare legge den	
165			likningen opp. Dette er likningen for	
166			vendetangenten. Men mi vil gjerne ha den på	
167			sånn fin form. Sånn som på mandag. Og da kan	
168			mi bare gå på <i>Solve expression</i> . Og så sier mi at	
169			mi løser den med hensyn på y .	

Observasjon 2MX MVGS 231105

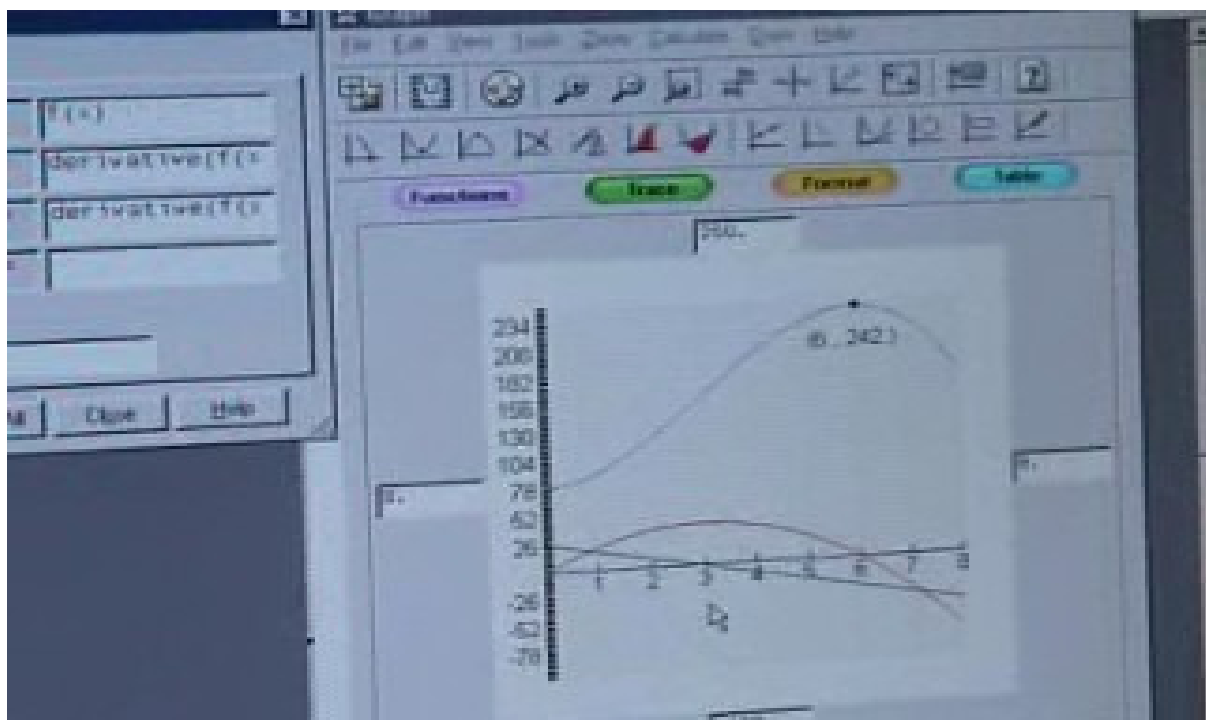
Denne monologen var ment som en instruksjon til elevene slik at de lett skulle klare å regne ut likningen for vendetangenten. I utdraget gikk Odd innom mange beregninger og det ble mange variabler og uttrykk. Jeg regnet derfor med at mange elever i klassen hans ville slite med dette. Likevel klarte overraskende mange elever å gjennomføre funksjonsdrøftinger og finne vendetangenten ved hjelp av Derive. De fleste elevene lastet ned filen som Odd hadde visst i timen og brukte den som en mal for hvordan løsningen skulle presenteres.

Måten både Gro og Odd tok i bruk IKT på viste at en med CAS-verktøy får helt andre muligheter til å vise sammenhenger mellom både uttrykkene og grafene. Ved å trekke paralleller mellom det algebraiske uttrykket og selve grafene fikk elevene et godt bilde av hva funksjonsdrøfting dreidde seg om, mente de. Etter disse timene intervjuet jeg tre elever fra FVGS og ei jente fra MVGS som alle fikk i oppgave å gjøre funksjonsdrøftingsoppgaver. Oppgavene var hentet fra læreverket og den var en del av leksene. Jenta fra MVGS fikk størst problemer med å klare oppgavene. Dette skyldes nok at jeg intervjuet hun dagen etter at Odd hadde lært henne å bruke Derive til å løse slike oppgaver. Derfor satt ikke begrepene helt. Caro som eleven hette klarte fint å finne topp og bunnpunkter på grafen ved å bruke "Trace-plotteren" i Derive. Hun klarte også å få tegnet den deriverte og den andrederiverte i samme koordinatsystem som selve funksjonen. Til en viss grad klarte Caro å se sammenhengen mellom disse grafene slik som læreren hadde forklart henne det. I tillegg fikk hun lett til å regne ut verdiene for ekstremalpunktene. Problemene oppstod når hun skulle finne vendepunktet. Her ble det litt mange grafer å holde styr på og Caro mistet litt av oversikten. Hun visste at den dobbelderiverte sitt nullpunkt var det samme som topp eller bunnpunktet til den deriverte. Etter mye hjelp fra meg underveis klarte "vi" å både finne vendepunktet grafisk og regne "oss" fram til det.

Samme type oppgaver som den Caro slet med, fikk elevene ved FVGS også. Vilde var den som strevde mest. Hun klarte ikke å komme lenger enn å tegne den selve funksjonen, og var ikke trygg på å brukte TI til å derivere. Likevel fikk hun til mye av funksjonsdrøftingen siden hun behersket grafeditoren godt. Vilde fant ekstremalpunkter ved å bruke funksjonsknappene i TI, men hun klarte ikke var å finne stigningen i vendepunktet. Dermed viste Vilde at selv med ganske begrensede kunnskaper kom hun lagt i en slik oppgave. Da jeg spurte henne om hun hadde klart dette algebraisk enten på TI eller med penn og papir, sa hun at det ble helt umulig. Vilde måtte se grafen. Da fikk hun et bilde av hva det var hun skulle lete etter, hevdet hun. Bildet på neste side viser oppgaven som jeg ba Vilde, Sue og Hans om å gjøre i intervjuene.



Figur 9: Oppgave 3.27 som elevene i 2MX FVGS løste

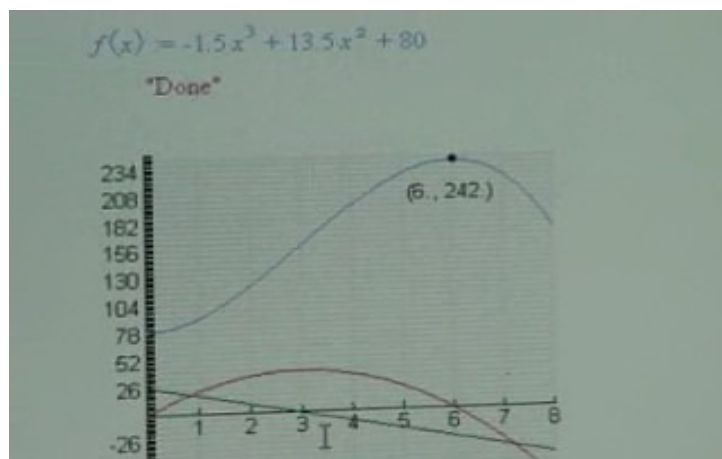


Figur 10: Sue jobber med grafeditoren

Sue fikk i oppgave å løse den samme oppgave som Vilde. Hun behersket TI bedre enn Vilde. Dermed klarte hun å få TI til å derivere funksjoner og fikk programmet til å tegne opp grafer for både funksjonen, den deriverte og dobbelderiverte. Gjennom intervjuet om denne oppgaven brukte hun TI og grafene til å forklare og begrunne svarene på oppgavene. Bildet viser de tre grafene som ble laget og brukt til å løse oppgaven. Utdraget som følger viser hvordan hun jobbet med den grafiske løsningen:

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
74	07:43	Sue	Då ska eg finne grafisk når antallet ulver er	Slår inn på TI: $f(x) := -1.5x^3 + 13.5x^2 + 80$
75			høyest. (4) Å ja. Eg ska tegne grafen til f derivert	
76			då. ((Blar i menyene på TI for å finne deriverte.))	
77	08:32	Sue	((Får TI til å tegne den deriverte.)) (9) Sånn!	
78	08:52	OER	Kan du fortelle meg noe om den deriverte? Det	
79			er lov å kikke på grafen.	
80	09:03	Sue	Der på toppunktet. På tre, der som toppunktet av	
81			den deriverte er der som f av x stiger mest. Øker	
82			mest. Stemmer ikke det?	
83	09:14	OER	Det kaller mi for?	
84	09:16	Sue	Vendepunktet.	
85	09:18	OER	Flott. Kan du si noe mer om den deriverte?	
86			(4) Der den deriverte skjærer null, skjærer x -	
87			aksen?	
88	09:32	Sue	Der som den skjærer x -aksen der er. Det blir jo	
89			toppunktet for hele greia ((peker på $f(x)$)).	
90	09:40	OER	Flott.	
91	09:43	Sue	Men den blir jo ikke noe bunnpunkt her då,	
92			siden, på en måte da. Siden det begynner på åtti.	
93	09:50	OER	Finn grafisk når ulveantallet er størst. Hvordan	
94			gjør mi det?	
95	09:55	Sue	Mi tar å finne toppunktet på f av x . ((Bruker TI	
96			sin max-funksjon.)) (3) Der. Det er etter seks år.	
97			Da er det to hundre og førtito. Det er før den	
98			begynner å synke igjen.	
99	10:15	OER	Finn grafisk og ved regning når veksten er	
100			størst?	
101	10:22	Sue	Eh, når veksten er størst då ska mi ta den	
102			andredriverte. ((Bruker graf-menyen i TI til å	
103			tegne den dobbelderiverte.)) Og da er veksten	
104			størst der den andredriverte er null ((peker på	
105			grafene)).	

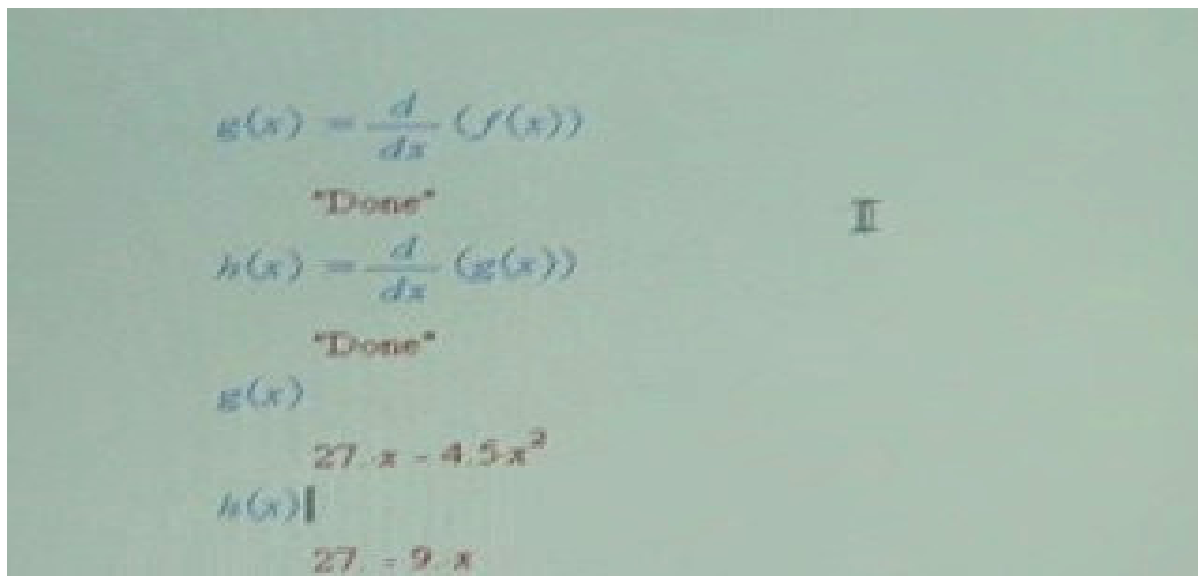
Intervju med Sue 021105



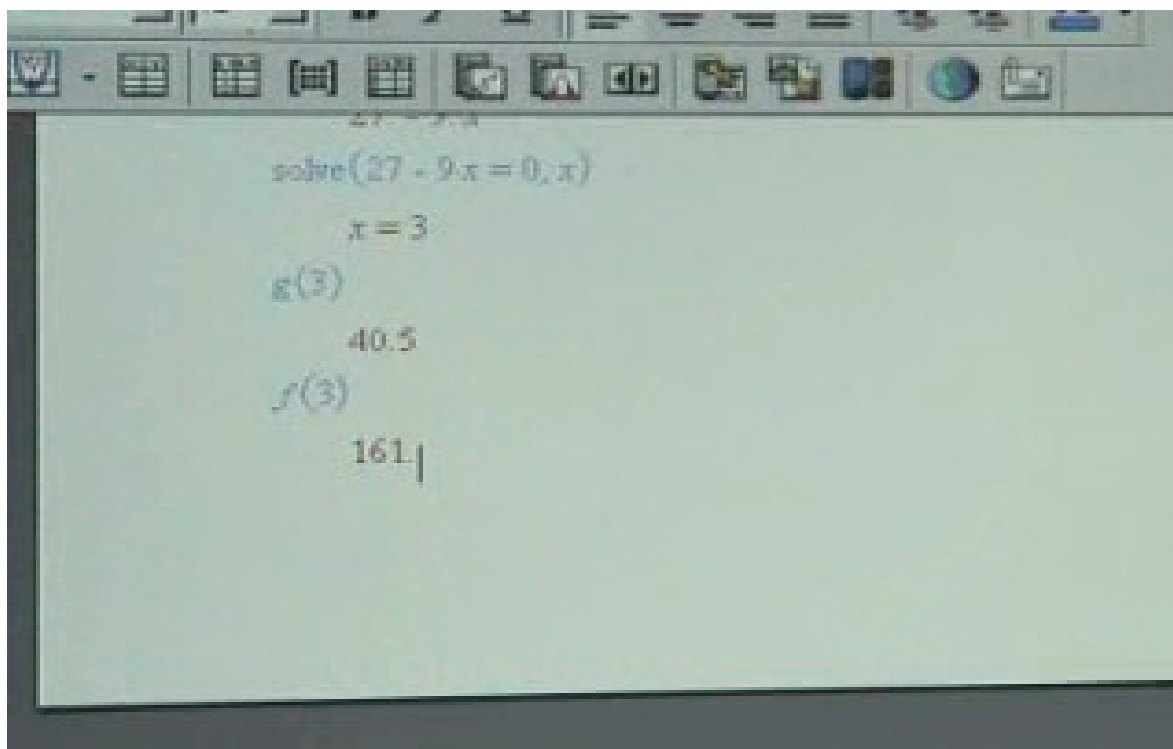
Figur 11: Sue viser løsning i arbeidsarket

Sue klarte å vise sammenhengene mellom grafene. Uttalelser som ”Der på toppunktet. På tre, der som toppunktet av den deriverte er der som f av x stiger mest,” viste at hun kjente til begreper som for eksempel vendepunkt. Gjennom dialogen over bekreftet Sue at funksjonsanalyse var noe hun behersket. I utdraget over brukte hun hele tiden grafene i TI for å forklare hva hun mente. Sue viste også at hun kunne bruke grafeditoren effektivt i arbeidet med

funksjoner. Ekstremalpunkter ble funnet ved å bruke funksjonskappene i grafeditoren. Selve løsningen presenterte hun med tekst i arbeidsarket til TI.



Figur 12: Sue deriverer i TI og tilordner variabler



Figur 13: Sue bruker TI til å finne vendepunktet og finne funksjonsverdier

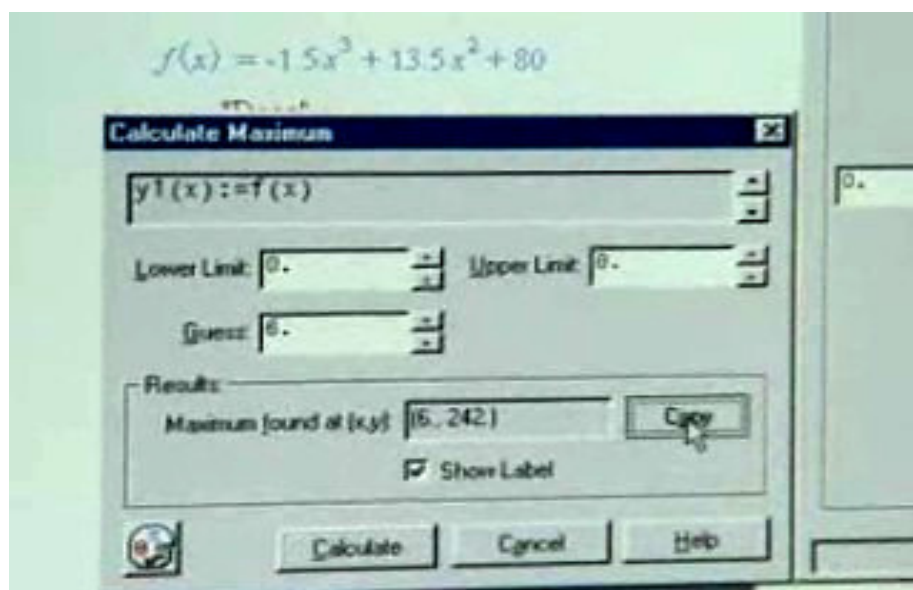
Da hun deretter skulle løse oppgaven algebraisk gikk det litt tyngre, og hun trengte en del tips og hjelp fra meg underveis i løsningsarbeidet. Til slutt gikk dette også. Som bildene viser valgte hun å derivere funksjonene og tilordne variabler på en elegant måte. Det vanskeligste ble å finne ut hvilken likning hun skulle jobbe med når vendepunktet skulle identifiseres. Sue stusset litt på hvilke funksjoner hun skulle sette inn x-verdien i slik at hun fant ut hvor stor veksten ble i vendepunktet, og hva bestanden da var. I arbeidet med denne oppgaven utnyttet

Sue TIs egenskaper til å ta seg av utregningen mens hun selv tenkte på hvilken strategi hun skulle velge for å få løst oppgaven og forstå svarene som programmet kom med.

Den eleven som klarte oppgaven om dyrebestand best var Hans. På en effektiv måte brukte han TI til å finne svar på oppgaven. I utdraget under har Hans alt fått definert grafen og den deriverte.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
49	05:23	Hans	Sånn. Det kan ikke bli negativt så mi kan bare	Hans skal gjøre oppgave 3.27
50			sette null der. ((Setter $y \geq 0$.) Ja. Då har mi	
51			tegnet grafen så ska mi finne grafisk når antallet	
52			ulver er høyest. Då bruker mi denne her ((peker	
53			på en knapp i grafmenyen)) og noe som heter	
54			calculate maximun. Trykker mi på den. Hukker	$f(x) := -1.5x^3$
55			av show label. Calulate copy.	$+ 13.5x^2 + 80$
56	05:52	OER	Hva vil det si?	
57	05:54	Hans	Show labell. Då vise han det på grafen.	Slår inn på TI:
58	05:56	OER	Ja altså ikke det. Men hva vil de punktene du når	$\frac{d}{dx}(f(x))$
59			har funnet si?	
60	06:01	Hans	Det vil si der ulvestammen når sitt maksima av	Slår inn på TI:
61			antall ulver.	$g(x) := ans$
62	06:08	OER	Og det er hvor?	Elegant måte
63	06:10	Hans	Det er etter det sjette året.	for å definere
64	06:14	OER	Og da er det?	derivert.
65	06:15	Hans	To hundre og to og førti ulver i dette	
66			landområdet som det er snakk om.	
67	06:24	OER	Okhey. Hva vil det si, visst du nå ser på de to	
68			grafene og sammenligner med den deriverte.	
69			Hvilket punkt er det for den deriverte?	
70	06:31	Hans	Det er nullpunkt, ett av nullpunktene. Eller det er	
71			nullpunktet for den deriverte.	

Intervju med Hans 031105



Figur 14: Hans finner maksimum

Utdraget over viste hvordan Hans tok i bruk verktøyet for å finne maksimum. Hans forstod sammenhengen mellom om funksjonen og den deriverte og klarte enkelt å svare på mitt spørsmål. Videre i intervjuet beskrev han helt presist hvordan en skulle finne ut når veksten var størst og hvor stor den da var.

Først ble dette løst grafisk og deretter algebraisk. I den algebraiske løsningen brukte Hans samme fremgangsmåte som Sue, men han hadde ikke noe behov for tips og hint slik Sue trengte.

De fire intervjuene jeg gjorde omkring temaet funksjonsdrøfting viste at dette temaet nå kan undervises på en annerledes med bruk av IKT. Læreren trengte ikke å jobbe med unøyaktige grafer på tavlen, og de brukte mindre tid på å få tegnet de forskjellige funksjonene. Elevene sa at funksjonsdrøfting var mer forståelig. Når de først fikk lært seg matematikken som lå bak derivasjonen var de ikke like mistenksomme til å la dataprogrammene ta seg av utregningene, mens de selv kunne bruke tid på å forstå oppgaven og tolke grafene. Denne arbeidsfordelingen sa elevene jeg intervjuet at de satte stor pris på.

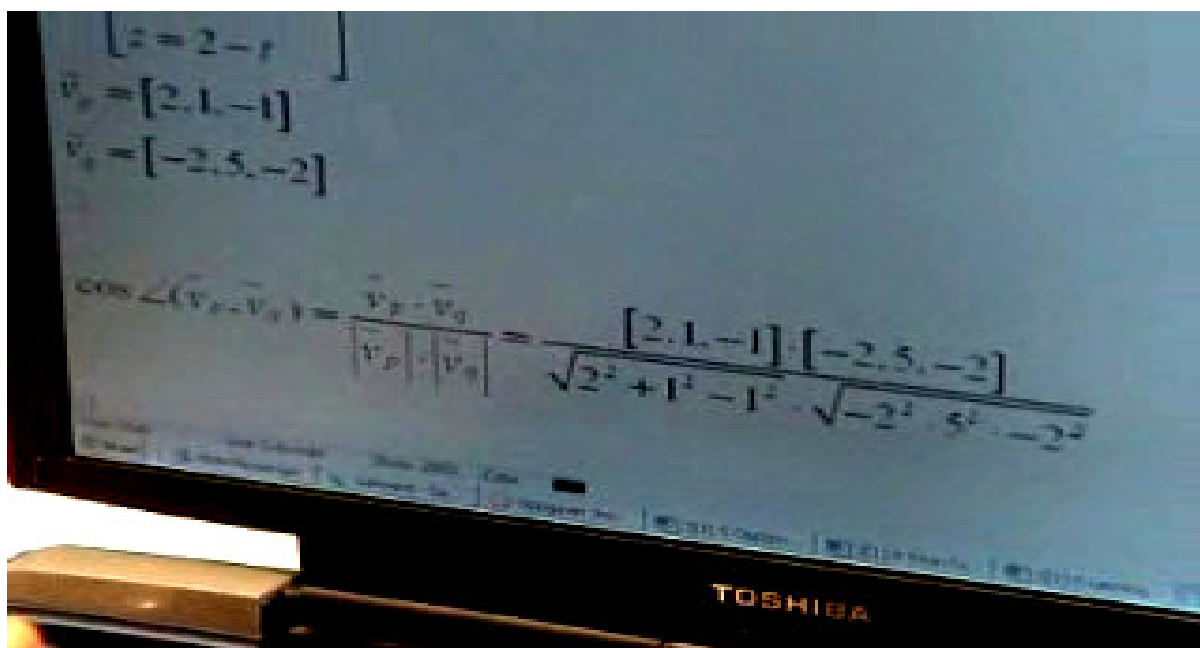
6.16 Vektorregning

Under oppholdet på MVGS jobbet elevene i 3MX med vektorer både i planet og rommet. Dette arbeidet foregikk for det meste i Mathtype. Elevene fikk oppgaver som de skulle løse og føre inn i Mathtype. Selve utregningene gjorde de fleste i Derive, mens noen få elever valgte å bruke kalkulatoren. I utdragene under presenteres noen episoder som viser hvordan dette arbeidet foregikk.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
1	00:00	Elev	Ska finne vinkelen mellom to vektorer ((merk feil språkbruk)) derfor må jeg finne	En elev forklarer hvordan han skal finne vinkelen mellom to linjer. $p = \begin{cases} x = -3 + 2t \\ y = 4 + t \\ z = 2 - t \end{cases}$ $q = \begin{cases} x = -2 - 2t \\ y = 1 + 5t \\ z = 4 - 2t \end{cases}$ Skiver i Mathtype: $v_p = [2, 1, -1]$ $v_q = [-2, 5, -2]$ Skriver i Mathtype: $\cos(\vec{v}_p, \vec{v}_q) = \frac{[2, 1, -1] \cdot [-2, 5, -2]}{\sqrt{2^2 + 1^2 - 1^2} \cdot \sqrt{-2^2 \cdot 5^2 - 2^2}}$ Legg merke til feilen med
2			retningsvektoren først. ((Jobber i Mathtype med	
3			å derivere likningen for en av linjene.))	
4	00:45	OER	Hvordan tenker du når du skal finne	
5			retningsvektoren?	
6	00:47	Elev	Derivere. Og det er jo enkelt å derivere denne.	
7			((Jobber i Mathtype for å derivere likningen for	
8			den andre linjen.)) (23) Så må jeg sette inn i den	
9			der formelen. ((Blar i notatene etter formelen.	
10			Når han har funnet rett formel begynner han en	
11			klipp og lim metode for å få lagt alt inn i	
12			Mathtype. Han prøver å få satt opp formelen for	
13			skalarproduktet mellom de to	
14			retningsvektorene.))	
15	03:00	OER	Den formelen der, hva slag formel er det?	
16	03:13	Elev	Det er en formel for å finne eh vinkelen mellom	
17			to vektorer.	
18	03:20	OER	Hva heter den? Har den et navn?	
19	03:22	Elev	Nei det har jeg glemt ut. (3) Er det noe skalar,	
20			definisjon av skalarproduktet.	
21	03:31	OER	Okhey	
22	03:32	Elev	Er det ikke det? ((Elevene fortsetter å sette opp	
23			det uttrykket. Når han er ferdig med dette blir	
24			han sittende lenge å stusse på hvordan han skal	
25			regne ut skalarproduktet.))	
26	04:22	OER	Hva nå?	
27	04:25	Elev	Nå tar jeg først å ganger de to ((vektorene)).	
28	04:30	OER	Mhm. Hvordan gjør mi det?	
29	04:36	Elev	Mi tar eh, si vist liksom, eh. x-en, y-en, z-en	

31			((peker på v_p)) og bare to liksom på de andre. Da	gangetegn mellom leddene i den siste roten og missbruket av minustegn i røttene.
32		får du $x-en$ minus $x-to$. Nei $x-to$ minus $x-en$.		
33		Stemmer ikke det. ((Gjør et hopp i opptaket))		
53	07:30	Elev	Eg tok eh, det blir fire pluss en minus en. Det	Han har kommet fram til at : $\cos(\bar{v}_p, \bar{v}_q) =$ $\frac{3}{400}$ Som er feil.
54			blir fire. Kvadratrotten av fire. Totallet er jo greit.	
55			Så er det fire pluss eh (5) tjuefem. Det blir jo	
56			tjueni. Og så pluss fire. Det blir trettitre. Altså	
57			kvadratrotten av trettitre. Den der skulle visst	
58			være kvadratrotten av seks. Ja, selvfølgelig den er	
59			((oppdager litt av rotet sitt med minustegn)). Så	
60			nå har mi den.	
61	08:38	OER	Hva ska du gjøre nå for å finne vinkelen?	
62	08:40	Elev	Bare finne en verdi av den og så ta invers	
63			cosinus. Vet ikke om du tar det i hodet?	
64	08:57	OER	Visst du ikke tar det i hodet. Hva gjør du da?	
65	09:00	Elev	Da bruker jeg kalkulator som jeg finner her.	

Elevløsning 3MX MVGS 211105



Figur 15: En elev jobber med vektorer

Utdraget over viser hvordan arbeidet med vektorer ble gjort i Mathtype. Eleven viste at han ikke hadde helt kontroll over dette temaet. Starten på oppgaven gikk greit. Han deriverte lett, og fant retningsvektorene. Problemene begynte da han skulle sette inn tall i likningen. Dette var typisk for flere av elevene jeg observerte. De fant lett fram i notatene til rett formel, og fikk deretter litt problemer med å sette inn rett tall i formelen. Bildet over viser en av feilene. Under den siste kvadratrotten mangler det parenteser og det står at alle leddene skal multipliseres. Videre i dialogen så viste eleven tegn på at han var usikker på hvordan selve utregningen skulle gjøres. Han ganget feil og rotet det litt til. Ved flere anledninger korrigerste jeg han. Til slutt kommer eleven fram til et svar som han må ta inverscosinus av. I stedet for å da bruke Derive velger han å benytte kalkulatoren som følger med Windows XP. Måten

denne oppgaven ble løst på var en tilnærmet kopi av lærerens løsningsforslag. En legger merke til at arbeidet med vektorer i dette tilfellet ikke involverer CAS-programmer. Eleven står for all utregning selv, med unntak av å finne selve vinkelen. Dette stemte godt med Stians filosofi om at elevene ikke skulle trykke seg fram til svarene, men føre inn alle nødvendige mellomregninger.

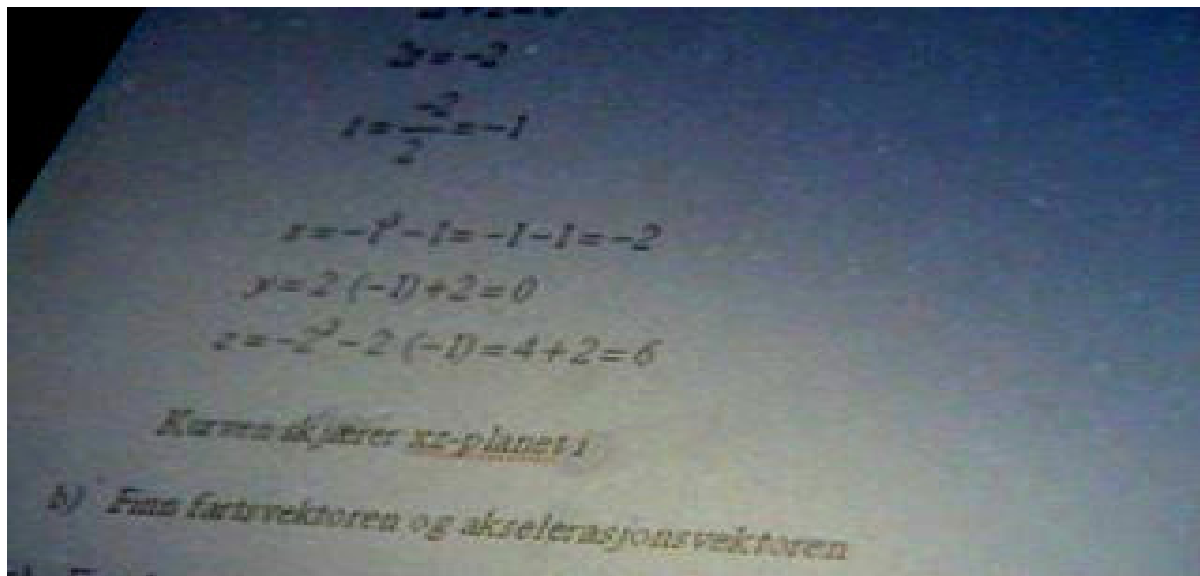
Episoden under inneholder også et utdrag fra 3MX ved MVGS. I denne episoden skulle ei jente finne ut hvor en kurve skjærer et plan. Før hun gikk i gang studerte hun nøye notatene om dette temaet. Etter å ha brukt noen minutter på det startet hun med selve løsningsarbeidet.

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
1	00:00	OER	Kan du forklare meg hvordan du tenker?	Elevene har fått en oppgave der de skal finne ut koordinaten for skjæringspunktet mellom en kurve og xz-planet. Kurven: $\vec{r}(t) = [t^3 - 1, 2t + 2, t^2 - 2]$ Skriver i Mathtype: <i>Vi finner xz-planet der $y=0$</i> $2t + 2 = 0$ $2t = -2$ $t = -\frac{2}{2} = -1$ Hun forstsetter så med å sette inn $t=-1$ i kurvelikningen.
2	00:05	Elev	Ja men eg vet ikke om det er riktig. ((Strategien til eleven er å sette y lik null og så finne ut hva t da må være. Hun blar litt i det teoristoffet som er lagt ut og prøver å finne et eksempel å forholde seg til.))	
3				
4				
5				
6				
7	01:32	OER	Hvordan tenker du nå?	
8	01:35	Elev	Jeg må jo bare sette det lik null. Eller som jeg fant, inn der. ((Hun må sette verdien for t når $y=0$ inn i likningen for kurven.))	
9				
10				
11	01:41	OER	I x, y og z koordinatene?	
12	01:45	Elev	Ja.	

Elevløsning 3MX MVGS 081105

Fra dialogen så en at jenta hadde en rimelig klar strategi. Selve løsningen gikk greit og uten store problemer. Slik som resten av klassen valgte hun å gjøre alle beregninger i Mathtype. Hun klarte ikke helt å sette ord på hva hun gjorde, men det hindret henne likevel ikke i å gjøre oppgaven.

I arbeidet med vektorer virket det som at elevene jobbet bra. I følge læreren var innsatsen veldig god. I intervju nevnte han at oppgaver der en skulle finne skjæring mellom kuler og plan ofte ble litt vanskelige. Dette skyldes nok at det ble mye tung regning slik at elevene lett gjorde noen slurvefeil. Stian mente likevel at elevene hadde godt av å støte på problemer. I hans gjennomgang fokuserte han kun på formler og kommenterte disse. Klassen fikk sjeldent presentert eksempler på hvordan oppgaver skulle løses. I følge Stian likte elevene denne arbeidsmåten. Siden de måtte overkomme en del problemer og ikke bare kunne kopiere fra eksempler lærte elevene kanskje matematikken bedre, hevdet han.



Figur 16: Elev jobber med vektorer

I intervju med elevene så sa de at måten vektorer ble undervist på passet dem bra. De likte å løse denne typen oppgaver i Mathtype, og syntes ikke det var nødvendig å gjøre arbeidet enklere og raskere ved å ta i bruk Derive. Særlig satte de stor pris på løsningsforslagene. Disse ble flittig brukt til å kontrollere at en var på rett vei. Under observasjonene så jeg også en del elever som først sjekket løsningsforlagene. Deretter gikk de i gang med å løse oppgavene.

6.17 Oppsummering av funnene

Ut fra den beskrivelsen lærerne gir av undervisningsopplegget så forsøkte de å implementere IKT i den eksisterende undervisningen uten å gjøre altfor store endringer. Skolene jeg besøkte hadde valgt litt forskjellige modeller. MVGS brukte et opplegg der Mathtype erstattet kladdeboken og alt arbeidet ble ført inn der. Beregninger ble ofte gjort i Derive eller TI. FVGS hadde en todeling der noen oppgaver ble gjort med penn og papir, mens andre oppgaver løste elevene helt ved hjelp av TI. Noen mindre justeringer måtte til, men matematikken var den samme som før, hevdet lærerne. Det samme sa elevene. De gjorde akkurat de samme oppgavene som før, men en vesentlig forskjell var at de nå kunne gjøre arbeidet med hjelp av IKT.

Begge skolene satset på IKT fordi de mente at det kunne fremme læringen. Undervisningen fikk et løft, sa flere lærere. De kunne presentere matematikken på en spennende og mer lærerikt måte. Bruk av CAS hadde også ført til at elevene skrev mer presist og fikk fram pene fremstillinger av problemene de jobbet med. Elevene ble mer positive og likte å jobbe med datamaskiner. Deres fokus kunne flyttes fra å konsentrere seg om algoritmer til å se mer på matematikken og prøve å forstå innholdet i begreper.

Bruken av IKT var ikke bare positiv. Både lærere og elever opplevde en del hindringer. Blant annet slet lærerne første året med at elevene fokuserte veldig mye på verktøyet og lite på matematikken. Det ble mye tekniske spørsmål om hvordan en brukte CAS-programmene for å få til beregninger og lite fokus på matematikken. Dette løste lærerne ved å lage manualer og ved å være nøye med å forklare alle tastetrykk i timene. Verken lærere eller elever opplevde at læringsterskelen var spesielt høy. En måtte planlegge slik at en unngikk problemer i starten.

Elevene uttrykte en viss misnøye med å gjøre geometrioppgaver på PCen siden de ikke hadde egnet programvare for det.

IKT hadde ikke bidratt til å gjøre differensieringen lettere. PCen ble et verktøy på lik linje med mange andre midler læreren brukte for å skape tilpasset undervisning. Hovedverktøyet i differensieringen var ukeplaner med variert vanskelighetsgrad.

Ved å ta i bruk IKT hadde samarbeidet mellom lærerne bedret seg. Lærerne på hvert klassetrinn arbeidet nå tettere sammen, og viste hverandre forskjellige momenter i CAS-programmene. Elevene uttrykte ikke den samme samarbeidsiveren som lærerne. De jobbet sammen ved behov i et uorganisert system. Når en først samarbeidet likte de godt å ha en stor dataskjerm som tydelig viste hvordan de tenkte.

Planleggingen av timene forandret seg lite hevdet lærerne. De gjorde stort sett som før, men tok hensyn til dataverktøyet. Kun en av lærerne hadde opplevd en rolleforandring etter at datamaskinen ble tatt mer aktivt i bruk i klasserommet.

Ved bruk av kraftig regneverktøy oppstod også faren for at elevene kun utviklet instrumentell forståelse. Ved begge skolene hadde de truffet tiltak for å unngå dette. Organiseringen av undervisningen skulle sørge for at slik kunnskap ikke oppstod. MVGS krevde fullstendige utregninger, mens FVGS sørget for å teste ut elevene i regning uten hjelpemidler på del-en av prøvene. Dessuten krevde lærerne alltid begrunnede svar på del-to oppgaver slik at elevene måtte overbevise om at de hadde skjønt oppgaven.

I intervju avslørte noen elever at de likte godt å bare kunne trykke seg fram til svar. Dette gjaldt særlig svake elever. De flinke ville gjerne forstå hva som skjedde i maskinen. Derfor la disse elevene vekt på å først forstå matematikken grundig før IKT ble anvendt. Evalueringsformen hadde forandret seg litt ved begge skolene. Ved å ha datamaskinen tilgjengelig kunne elevene se tilbake på tidligere arbeider under prøvene og finne eksempler dersom det var noe de ikke fikk til. Ved MVGS sa elevene at de ofte brukte Derive som en fasit. Der regnet de ut svarene før de førte inn i Mathtype. Da visste de om de hadde fått til oppgaven eller ikke. Det var få negative synspunkter på å ha datamaskinen tilgjengelig under prøvene. Eneste negative kommentaren kom fra FVGS. Enkelte elever syntes det var dumt med en todeling der en måtte gjøre ferdig del-en før en fikk lov til å starte på del-to.

Opgaveutvalget ble etter hvert et av de store fokusområdene både under observasjoner og i intervjuene. MVGS laget selv oppgaver og sakset oppgaver fra andre læreverker. I intervjuene var Stian og Odd nøyte med å understreke at de kun fulgte læreplanen og ikke gikk ut over den. Derfor var de svært nøyte med at alle oppgaver skulle føres med alle nødvendige mellomregninger. FVGS sine lærer hadde et litt annet syn. Siden undervisningen var todelt så prøvde de hele tiden å finne gode oppgaver til del to. Problemer der elevene fikk bruk for å anvende IKT til utfordrende og kompliserte beregninger likte de best. Selv mente lærerne at dette arbeidet ikke var kommet langt nok, og de etterlyste bedre oppgaver.

Elevene hadde et mer delt syn på oppgavene. Noen uttalte at oppgavene ikke hadde forandret seg mye. Mange følte de gjorde det samme som før, men at kalkulatoren var erstattet av en PC. Flere elever mente at matematikken ble lettere fordi datamaskinen kunne regne så mye mer enn kalkulatoren. De fikk til mye mer. Særlig svake elever opplevde å mestre langt vanskeligere oppgaver enn tidligere. Noen elever fra FVGS etterlyste faktisk bedre oppgaver. De følte at oppgavene i læreboken ikke passet med de kraftige hjelpemidlene de brukte.

I den siste delen av analysen viste jeg noen eksempler fra dagliglivet ved disse skolene. Jeg kommenterer kun kort hovedinnholdet i dem her. Algebraundervisningen ble på enkelte områder enklere med CAS fordi elevene slapp å bekymre seg over vanskelige utregninger. Nå gjorde datamaskinen dette. Dermed konsentrerte elevene seg om oppstillingen av stykkene. Ofte kunne dette være vanskelig nok for mange.

Utregninger av ulikheter har jeg også vært innom. Dette var et tema elevene opplevde som enklere med IKT. Før måtte de jobbe med fortegnslinjer. Nå var det nok å få tegnet grafene til ulikhetene og analysere seg fram til svarene.

Både lærerne og elevene mente at grafer og funksjonsdrøfting var blitt bedre med IKT. Jeg viste i et eget kapittel hvordan lærerne introduserte dette temaet og med stor enkelthet viste sammenhenger mellom algebraiske løsninger av funksjonsuttrykk og grafisk drøfting. I intervju med elevene viste flere at de behersket funksjonsdrøfting godt. Elevene klarte å gi ganske presise forklaringer til grafene. Enkelte elever uttrykte at dette var mye mer forståelig enn algebraiske løsninger.

Det siste jeg tok med i denne delen var vektorregning i en 3MX-klasse. Der viste jeg hvordan elevene ved hjelp av Mathtype jobbet med temaet. I svært liten grad brukte de CAS-programmer til å gjøre beregninger. Dette arbeidet minnet mye om hvordan en jobbet før med penn og papir.

I neste kapittel vil funnene i analysen bli kommentert og sett i lys av faglitteraturen. Der vil jeg i enda større grad uttrykke mine egne meninger om det jeg har observert og funnet gjennom analysen. De fleste funnene vil bli gransket nøye.

7 Diskusjoner og konklusjoner

I dette kapittelet ønsker jeg å problematisere noen av funnene fra analysedelen. Det som kom fram i intervjuer og observasjoner vil bli diskutert i forhold til relevant faglitteratur. Jeg vil forsøke å vise både likheter og ulikheter med annen forskning. I tillegg presenteres noen momenter som jeg ikke har funnet i andre undersøkelser. Kapittelet vil bli organisert på følgende vis: Først vil jeg se på skolen som institusjon. Deretter blir undervisningsmodellen drøftet nærmere. Videre fokuserer jeg på uttalelser fra elever og lærere om det de mener er styrken med databruken. Diskusjonen fortsetter med en grundig gjennomgang av oppgaveutformingen, læreplan, ”pensum” og IKT. Prøvene ved skolene blir behandlet i kapittel 7.5. Drøftingen føres videre ved å rette søkelyset på mulige hindringer som oppstår på bakgrunn av programvaren. Kapittel 7.7 og 7.8 handler om læringsplattformen og lærerens rolle i et IKT-klasserom. Nest siste kapittel tar for seg en sammenligning av Blomhøys (2003) elevkategorier og elevene jeg har observert. Diskusjonen avsluttes med noen betraktninger rundt temaet matematisk kunnskap i IKT-alderen.

7.1 Skolenes satsing på IKT

Begge skolene jeg besøkte ligger over snittet når det gjelder bruk av IKT. Dersom en sammenligner med ITU Monitor (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005), hører de til blant de undervisningsinstitusjonene som bruker IKT mest. Skolene så ut til å ha en helhetlig plan over satsingen i matematikk. I tillegg hadde FVGS samarbeid med NSMO. Det kan gi god støtte å bruke NSMO eller andre kompetansemiljø i Norge som en partner i utvikling av teknologi i matematikken. En kan ikke forvente at alle videregående skoler i landet er oppdatert på tilgjengelig programvare. Derfor er det fornuftig å innlede samarbeid med andre som har ekspertise på området.

I et intervju med Ruthven¹ var han nøye på å understreke at skolen som institusjon må satse på bruk av datamaskiner. Det holder ikke at bare noen få lærerindivider gjør det. Situasjon ved de skolene jeg besøkte bærer preg av at hele skolen satser selv om det også er intern motstand. Enkelte lærere hevdet at anvendelse av datamaskiner ikke førte til bedre matematikkforståelse. Særlig kom dette synet fram ved FVGS. Ved å ha en gjennomført plan og mål med bruken slik som begge skolene har (beskrevet i analysen kapittel 6.2) blir undervisningen ikke avhengig av noen få individualister og ildsjeler som står på. Jeg mener at Ruthvens poeng er veldig viktig å ta tak i når en tenker å ta i bruk avanserte programmer som TI eller Derive. Sårbarheten blir stor dersom satsingen hviler på noen få lærere. Det ideelle hadde vært om en fikk hele matematikkseksjonen med seg på slike prioriteringer. Dette er sikkert ikke mulig ved alle skoler. Men skolen som organisasjon må ha en plan som sikrer en kollektiv utvikling innenfor IKT og matematikk.

Det tette kollegiale samarbeidet tror jeg er en stor styrke når en jobber mye med datamaskinen. Da føler en seg ikke alene, og en kan utnytte hverandres erfaringer og kompetanse. Et tettere samarbeid ble nødvendig fordi lærerne tok i bruk CAS for første gang, og de måtte nytte hverandre når de selv ikke hadde god nok oversikt og kompetanse. Med et organisert samarbeid kan en få diskutert gode ideer til anvendelse av CAS-verktøyet. Ved begge skolene tror jeg at de kan komme lenger enn der de er i dag. Alle matematikklærerne var ikke aktive brukere av Derive eller TI. Lærerne sa selv at de ønsket seg flere kurs og mer opplæring. Med bedre kompetanse blant lærerne kan bruken av programmene øke. Lærerne kan få flere råd om hvilke problemstillinger og oppgaveformuleringer som kan være nyttige i IKT og

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O. E. Rossevatn høsten 2005

matematikk. Begge skolene var kommet godt i gang med dette arbeidet. Blant annet viser den siste ITU Monitor rapporten (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005) at nettopp samarbeid lærerne i mellom ble sett på som en forutsetning for å kunne bygge opp god bruk av datamaskiner i undervisningen. Forskningsarbeid av Hennessy, Ruthven og Brindley (2005) trekker også fram støtte og kollegial veiledning som viktige faktorer for å sikre integreringen av IKT i klasserommet.

7.2 Undervisningsmodell

$$\begin{array}{l} 3x + 5 = 20 \\ 3x + 5 = 20 \\ 3x = 20 - 5 \\ 3x = 15 \\ x = \frac{15}{3} \\ x = 5 \end{array}$$

Eksempel som viser hvordan TI kan brukes for å vise hele utregningen.

Undervisningsmodellen ved disse skolene bør drøftes litt nærmere. Jeg ser både ulemper og fordeler med begge modellene. Todeling ved FVGS for å sikre at elevene kan det grunnleggende før de tar i bruk IKT er jeg usikker på. Hvorfor er det slik at en må ha en del (det FVGS kaller for del-en) for å sikre seg at elevene kan det grunnleggende? Det er fullt mulig å gjøre det de definerte som del-en oppgaver på TI og vise hele utregningen slik som eksemplet mitt til venstre viser. Dermed trenger en ikke å bekymre seg så mye for å miste grunnleggende kunnskap i matematisk manipulering. Det er bare snakk om at lærere og elever må bruke verktøyet litt annerledes enn de er vant til. Ulempen er derimot at det kanskje tar litt mer tid å skrive inn stykkene på TI. Undervisningsmodellen ved FVGS har mye til felles med det synet som Buchberger (1989) og Pierce (1999) representerer. Elevene må kunne beherske mye matematikk for hånd før de kan bruke IKT, ellers kan det hende at de mister noe kunnskap, hevder disse to forskerne. Dermed kan en godt se at FVGS har forskningsmessig støtte for sitt syn på bruken av IKT. Når elevene i del-to kan bruke TI som et rent regneverktøy uten å måtte vise utregninger, så er jeg enig i at det er viktig at en har del-en der en kan lage oppgaver og formuleringer som trener regneferdigheter og dokumenterer at en har visse basiskunnskaper. Undervisning med TI må ikke bli slik at det nesten fjerner behovet for å kunne utregningsalgoritmer. Da frykter jeg at mange regneferdigheter vil gå tapt. Det blir feil dersom de bare kan nytte et verktøy til å løse problemer uten å ha litt forståelse for matematikken og noe kjennskap til løsningsalgoritmene som ligger bak beregningene. Visst ikke blir det mye instrumentell kunnskap (Skemp, 1976). Samtidig kunne jeg ønske at en også kunne bruke TI mer i del-en for å vise sammenhenger mellom penn og papir metoden og TI slik som algebraeksemplet mitt i kapittel 7.4.3 viser. Da hadde en fått et tettere bånd mellom disse delene, og ikke opplevd undervisningen som en del med datamatematikk og en del uten teknologi. Elevene sitter i hvert fall med en oppfatning av del-en som terping og test på regneferdigheter, mens del-to er anvendelse av kunnskapen for å løse problemer.

En kan godt se på del-to hos FVGS som noe midt mellom metafor to og tre beskrevet av Goos, Galbraith, Renshaw og Geiger (2003) (se også kapittel 3.1.4). Den første metaforen peker på at lærere og elever tar i bruk datamaskinen kun som erstatning for kalkulatoren og jobber med samme type oppgaver som tidligere. Metafor tre beskriver hvordan IKT anvendes på nye og gamle problemer. Målet er at datamaskinbruken skal føre til en bedre forståelse. I stor grad avløses kalkulatorbruken med en datamaskin ved FVGS. Samtidig strever lærerne med å få til en mer kreativ bruk som kan stimulere læringen. De ønsker å komme enda lenger i retning av den tredje metaforen. IKT skal utnyttes på nye og gamle oppgaver for å øke den matematiske forståelsen. I hvilken grad de klarer dette blir diskutert nøye senere.

Undervisningsmodellen til MVGS går nesten litt for langt i retning av å kreve at fullstendige løsninger skal føres i Mathtype. Dette fører til en litt kunstig utnyttelse av teknologien. I

observasjonene så jeg at flere elever tok i bruk kalkulatoren i stedet for PCen for å utføre beregninger. Elevene opplevde i stor grad at de gjorde akkurat det samme på PCen som de ellers ville gjort ved hjelp av kladdebok og kalkulator. Denne måten å anvende IKT på er ikke helt på linje med Dörflers (1993) tanker. En får ikke brukt datamaskinen i en realistisk arbeidssituasjon og som et kognitivt verktøy slik han skriver varmt om (se også kapittel 3.1.3 og 3.2). I stedet brukes maskinen som en slags ”kladdebok” til å føre inn løsninger i. Mye av elevenes fokus ble rettet mot å få satt opp løsningsalgoritmen og finne korrekt svar fremfor refleksjon. Modellen ved MVGS minner i stor grad om den andre metaforen til Goos, Galbraith, Renshaw og Geiger (2003). Elevene jobber stort sett som før, men har tatt datamaskinen i bruk som en erstatning for kalkulatoren. Oppgavene de jobber med har ikke forandret seg til tross for at en har fått et nytt og bedre hjelpemiddel tilgjengelig i Derive og TI.

Nå skal jeg ikke svartmale modellen til MVGS helt. De har flere års erfaring med bruk av IKT i matematikkundervisningen, og de vet hva som virker og gir resultater. Modellen de nå underviser etter har det tatt lang tid å utvikle. Det er et positivt signal at flere tar matematikk og at jenteandelen har økt. Et annet moment som kan tale til fordel for denne modellen er resultater fra arbeidet til Povey og Ransom (2000). Deres forskning viser at enkelte elever mener hastigheten til CAS-verktøyene kan bli et hinder for refleksjon. Ved å bruke mye tid på å føre inn oppgavene kan det være at en åpner opp for mer refleksjon. Siden elevene gjorde alt arbeidet i Mathtype brukte de en del tid på oppgavene slik at denne refleksjonsmuligheten kanskje oppstod. Nå bør jeg nevne at Povey og Ransom baserer sine konklusjoner fra arbeid med flinke elever. Deres konklusjoner er kanskje ikke gjeldende i en vanlig klasse der elevene har et spredt kunnskapsnivå. Slik var alle klassene jeg observerte.

7.3 Lærere og elevers syn på IKT

Flere av de synspunktene som kom fram i kapittel 6.3 samsvarer med det annen forskning viser. Noen lærere påpekte at elevene ble kvitt rutinearbeid ved å bruke IKT. Liknende svar finner en i Hennessy, Ruthven og Brindley (2005) og Drijvers (2000). Det er nyttig å kvitte seg med rutinearbeid da det frigjør kapasitet til annet arbeid som for eksempel forståelse slik Dörfler (1993) og Ruthven (2005) beskriver. Jeg stiller meg spørrende til hvor mye rutinearbeid elevene egentlig ble kvitt og hvordan denne gevinsten ble utnyttet. I del-to på FVGS forsvant mange mellomregninger da maskinen tok seg av dette, men de beholder jo fortsatt del-en. Når elevene kan få lov til å skrive kommandoer som ”Solve” eller ”Factor” slipper de unna mye tungt arbeid med å løse likninger eller faktorisere kompliserte algebraiske uttrykk. Den tiden som da ble spart utnyttet elevene til å løse flere oppgaver av samme type. På denne måten ble de flinkere til å bruke verktøyet. Det en kan diskutere ved oppgaveeffektiviseringen er hvorfor ikke mer tid brukes på forståelse, refleksjon og utforskning. Jeg tror dette henger sammen med innholdet i læreplanen og valg av oppgaver. Disse to momentene blir behandlet i kapittel 7.4. Samtidig tror jeg at elevene blir flinkere i matematikk fordi de får anvendt CAS-programmet på mange oppgaver. Fra min egen tid på videregående så husker jeg at det ikke alltid var alt jeg forstod, men ofte klarte jeg å lære meg løsningsteknikker som førte fram. Ved å da gjøre en del oppgaver hvor jeg anvendte teknikkene så oppdaget jeg etter hvert mer og mer av matematikken bak den teknikken jeg brukte. Dermed kom forståelsen ved hjelp av mye arbeid. Litt av dette inntrykket sitter jeg igjen med etter å ha observert mange av elevene i arbeid. Flere ganger så jeg at enkelte elever fikk seg en overraskelse der de plutselig skjønnte mye mer etter å ha jobbet med en del oppgaver. Dessverre har jeg ikke fått filmet slike hendelser, men kun notert dem i notatblokka.

Ordet motivasjon gikk igjen i flere av intervjuene. Både lærere og elever opplevde IKT som et motivasjonsmiddel. Min opplevelse på begge skolene samsvarer med lærernes og elevenes uttalelser. Elevene jobbet jevnt over godt med matematikken. De så ut til å trives og opplevde IKT som et friskt pust i undervisningen. Det overrasker meg at IKT er et motiverende middel. Siden datamaskinen ikke er noe nytt så hadde jeg ikke ventet at den i seg selv skulle ha denne effekten. Flere forskningsresultater viser derimot det samme som lærere og elever ved de to skolene sa. Undersøkelser av Deaney, Ruthven og Hennessy (2003) og Hudson og Borba (1996) viser at IKT motiverer elevene. Dette er enda et godt argument for å ta i bruk IKT. Når en har et verktøy som gjør arbeidet med matematikken triveligere, bør en også ta det i bruk der det er hensiktsmessig.

Det elevene sa om hvilke fordeler de hadde med bruk av IKT, stemmer bra med det som fremkommer i internasjonal forskning. Elevene jeg intervjuet uttalte:

- Matematikken var blitt mer spennende
- Grafer var blitt lettere å jobbe med
- En kunne lettere gå tilbake å se på tidligere arbeid og bearbeide filene
- Løsningene så mer profesjonelle ut
- Mindre fokus på algoritmer og pugg
- En kunne gå dypere i matematisk forståelse

Tilsvarende funn er beskrevet i andre artikler (Deaney, Ruthven, & Hennessy, 2003; Noss & Hoyles, 1996; Ruthven, Hennessy, & Brindley, 2004). Det overrasker meg ikke at jeg finner mye likt når en snakker om fordeler med IKT. Det er naturlig at elever i vestlige land har mange like positive opplevelser med bruk av datamaskinen. Samarbeidet mellom land i vesten er rimelig utbredt gjennom flere internasjonale tester som f.eks PISA. Norge henter inspirasjon fra andre lands arbeid. Et eksempel er ITU Monitor (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005) som bygger på den engelske Impact2 (Harrison et al., 2003). Arbeidet med Cabri er i stor grad utviklet i Frankrike (Cabris hjemland). I Norge har en videreutviklet dette til å tilpasse norsk undervisning. Blant annet er det ved HIA gjort arbeid med bruk av Cabri (<http://www.hia.no/realfag/matinst/mastergrad/mastergradsoppgaver.php3#kategori3>¹).

Norske elever sier at de slipper fokuset på algoritmer og pugg. Dette har jeg ikke funnet andre steder. Etter mitt syn er det både positivt og negativt. Noen algoritmer og noe pugg må det nødvendigvis bli. Deler av matematikkens regnemåter er det fornuftig å kunne godt, for ikke å risikere å bli helt hjelpeløs når en ikke har teknologi tilgjengelig. Dersom elevene ikke har litt forståelse for enkelte løsningsmetoder frykter jeg at det kan bli et problem å tolke svaret som datamaskinen kommer med. Når elevene kjenner til algoritmer kan det ses på som å inneha prosedyrekunnskap (Hiebert & Lefevre, 1986). De kjenner til visse regler og kan anvende dem. Ved å bruke TI og andre programmer reduseres antallet prosedyrer som elevene må kunne. De kan heller konsentrere seg om å anvende reglene og kommandoene for å få til oppgaver og løse problemer. Jeg har ikke noe tro på at kun ensidig fokus på pugging av algoritmer fører til en bedre matematikkforståelse. Ved bruk av IKT ser det ut som at flere elever opplever matematikken som et fag der en skal lære noe og ikke pugge masse. Dette passer bra inn med det Dörfler (1993) skriver om at elevene bør jobbe med matematikken på en måte som ligner mer på arbeidslivet. Ved å bruke IKT på den måten en gjør under del-to ved FVGS kommer en nærmere målet om mindre instruksjonspreget undervisning og mer vekt på å forstå matematikk.

¹ Link til side med rapporter om Cabri.

Ut fra intervjuer med lærere og elever ser en at det legges mer vekt på føring og presentasjon av løsninger på oppgavene. I min litteraturstudie fant jeg flere forskere som vektlegger IKTs egenskaper til å gi profesjonelle fremstillinger (Ruthven, 2005; Ruthven, Hennessy, & Brindley, 2004). IKT gir nye muligheter for å presentere matematikken. Fremstillingene blir mer nøyaktige og oversiktlige. På samme måte som i vanlige skriveprogram kan en gå tilbake og redigere en fil dersom noe er feil, eller ikke bra nok. Med penn og papir så vil redigering ta mye lengre tid og ofte resultere i at en fører oppgaven på nytt. Mulighetene som ligger i å kunne levere profesjonelle produkt kan virke motiverende og stimulere til ekstra innsats. Dessuten er det lettere for både lærere og elever å få oversikt fordi fremstillingene på skjermen ofte er tydeligere enn i kladdeboka.

Nøyaktige og gode fremstillinger av matematikken er en av ferdighetene som skal vurderes ved karaktersetting. Niss (2002) har til og med definert evnen til å kommunisere matematikk som en form for matematisk kompetanse. I Kunnskapsløftet er også det å kunne uttrykke seg skriftlig og muntlig definert som en grunnleggende ferdighet (Utdanningsdirektoratet, 2006a). Måten oppgavene presenteres på blir ofte tydeligere på en PC-skjerm. Dermed blir det lettere for både elever og lærere å kunne gi gode forklaringer.

Håndtering av det formelle språket og kommunikasjonen er blitt bedre etter at datamaskinen kom, hevdet lærerne. Ved hjelp av CAS-verktøyene har elevene blitt flinkere innenfor disse temaene. Det kan se ut som at bare bruken av programmene i seg selv har en positiv innvirkning på språket og forståelsen av begrepsinnhold. Observasjonene tyder på at streng syntaks i programvaren tvang elevene til å lære seg matematiske begreper og terminologi. Dersom de ikke kjente innholdet i begrepene valgt de fort feil kommando og oppgaven ble ikke løst. Derfor måtte de ha en viss forståelse for hva kommandoene i programmet utførte. Håndtering av fagterminologi er noe Niss (2002) definerer som en viktig kompetanse.

De språklige forbedringene overrasket meg. Flere forskere skriver om at IKT kan forverre språket (Johnston-Wilder & Pimm, 2005). Elevene snakker dataspråk i stedet for matematikk, hevder de. Mine observasjoner tyder ikke på dette, men går heller i motsatt retning. Ved noen få anledninger hørte jeg elevene brukte datauttrykk som: "Da må vi Solve den". De mente da må vi bruke "Solve" for å løse likningen. Stort sett snakket elevene med et ganske presist matematisk ordforråd. Hvorfor det er slik på MVGS og FVGS vet jeg ikke, men det kan ha noe med et sterkt matematikkfokus å gjøre. Under gjennomgang var lærerne nøye på å bruke presise matematiske uttrykk. De hang seg ikke opp i språket til dataprogrammet, men understreket heller betydningen av forskjellige datakommandoer. Dermed fikk elevene inn begrepene fra lærerne og ikke gjennom noen ord som dukket opp på dataskjermen. I tillegg passet de på at en helt fra starten fikk forståelse for at det fortsatt handlet om matematikk selv om en tok i bruk IKT.

Datamaskinen ble i flere tilfeller brukt som et oversettingsmiddel fra faglig matematikkpråk til mer "forståelig" norsk (jamfør Vygostkys første og andre ordens språk (Johnsen Høines, 1987; Mellin-Olsen, 1989; Säljö, 2002)). Dette forekom særlig i situasjoner der det ble jobbet med funksjonsteori og grafer. Jeg opplevde at elevene pekte på grafen og brukte matematisk fagterminologi som vendepunkt. Deretter forklarte de at det er der grafen snur fra hul side opp til hul side ned eller omvendt. Det er klart at dette kunne elevene fått til uten datamaskinen, men det kan se ut som det gikk lettere med IKT fordi de fikk fram klare og tydelige bilder som det var lett å tyde. Dette synet er i tråd med det Kaput, Noss og Hoyles (2002) skriver om. Ved å vektlegge grafiske fremstillinger og tone ned algebraen klarer flere elever å få til ganske kompliserte oppgaver.

Da lærerne introduserte funksjonsdrøftingen på datamaskinen kom programmene virkelig til sin rett. Det ble vist to tilnærminger, algebraisk og grafisk. Med en slik løsning fikk de vist sammenhengen mellom funksjonsuttrykket og grafen. Arbeidet gikk fort og grafen ble presis. Ved å bruke flere representasjonsformer fikk elevene et bedre bilde av temaet. Bruken av flere tilnæringsmåter blir fremhevet i både ”Teaching Mathematics with ICT” (Oldknow & Taylor, 2000) og ”Teaching Secondary Mathematics with ICT” (Johnston-Wilder & Pimm, 2005) som en av styrkene til CAS-verktøyene. Jeg tror måten funksjonsdrøfting ble presentert på i kapittel 6.15 har mye for seg. Maskinen ble anvendt som et kognitivt verktøy som en kunne ”tenke” med. Denne måten å jobbe på har mye til felles med Dörflers (1993) tanker om å bruke datamaskinen for å holde styr på begreper og ideer. IKT ble brukt i gjennomgangen for å klarlegge begreper som vendepunkt, topp-/bunnpunkt osv. Undervisningsmetoden kan også ses på som en slags ”forlengelse av selvet” (Goos, Galbraith, Renshaw, & Geiger, 2003) for lærerne. IKT var et naturlig pedagogisk virkemiddel innenfor temaet funksjonsdrøfting.

Elevene nevnte funksjonsdrøfting som det temaet hvor datamaskinen fremmet læringen mest. Deane, Ruthven og Hennessy (2003) viser også til helt tilsvarende uttalelser fra England. Dette er ikke overraskende. Elevene jobbet på en slik måte at de la mer vekt på forståelse enn på løsningsalgoritmer. Måten som elevene arbeidet på tror jeg at en bør satse enda mer på. Ved å la verktøyet ta seg av til dels komplisert algebra ble det frigjort tid som elevene brukte til å reflektere og utdype hva de hadde funnet. Fokuset flyttet seg fra å vektlegge beregningsprosedyrer til å gi tolkninger og prøve å forstå datamaskinens løsninger. Intervjuene som jeg viste til i kapittel 6.15 er gode eksempler på hvordan elever brukte TI eller Derive som et verktøy i en løsningsprosess. Ved hjelp av CAS-programmene forklarte de begreper, viste sammenhenger mellom grafiske og algebraiske løsninger, og fremstilte løsninger av oppgavene. Dermed ble datamaskinen brukt som et hjelpemiddel i løsningsprosessen samtidig som en anvendte så å si alle Niss (2002) sine kompetanser. Diskusjonen omkring bruk av TI og Derive til funksjonsdrøfting forsetter i kapittel 7.4.3. Der retter jeg blant annet fokuset på hvilke utfordringer en står overfor dersom en ønsker å bruke PCen mer aktivt i arbeidet med funksjonsdrøfting.

7.4 Oppgaveutforming, ”pensum”, læreplan og IKT

7.4.1 Oppgaveutforming

Utvalget av oppgaver ved de to skolene bør drøftes nærmere. Ved FVGS bruker de følgende lærebøker: Matematikk 1M (Sandvold et al., 2003) og Matematikk 2MX (Sandvold et al., 2004). Ingen av disse bøkene har tatt høyde for mer avansert teknologi enn en alfanumerisk kalkulator. De er ikke utviklet for symbolbehandlende verktøy. Det betyr at elevene sitter med et overdimensjonert verktøy i forhold til læreboken. Både Monaghan (2004) og Noss og Hoyles (1996) sier at en må tilpasse oppgavens utforming slik at den passer med verktøyet for å oppnå den ønskede effekt. Lærerne påpeker at dette gir store utfordringer i forbindelse med planleggingen. Det er positivt at de er klar over at oppgavene de bruker er laget for langt svakere hjelpemiddel og derfor strever lærerne etter å finne nye problemstillinger som utfordrer elevene på en bedre måte.

Hvordan skal de klare å finne oppgaver som ikke bare løses ved å trykke seg fram til svaret på TI? Noen fasitløsning på dette spørsmålet finnes nok ikke, men det er mulig å leke med tanken på hvordan slike oppgaver kunne sett ut. Fuglestad (2004) og Ruthven¹ hevder at åpne

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O. E. Rossevatn høsten 2005

oppgaver der elevene selv må finne matematikken fungerer bra. Denne typen oppgaver så jeg lite til. Lærerne sa selv at de forsøkte å lage noen varianter av oppgavene. I kapittel 6.12 blir det vist et eksempel på en oppgave som lærerne hadde laget. Ved å legge vekt på at elevene skulle forklare svarene og ikke bare godta TI sine løsninger klarte lærerne ved FVGS å få fokuset bort fra tastetrykking. Ut fra observasjonene kunne en tydelig oppleve at mange av elevene var opptatt av å kunne tolke og forstå det TI gjorde (se også kategorisering ut fra Blomhøj kapittel 7.9).

Opgaveutformingen ved MVGS og FVGS var svært lik. I stedet for å bruke et læreverk så sakser lærerne på MVGS oppgaver fra flere. Men med deres strenge krav til føring opplever ikke elevene noen effektiv utnyttelse av CAS-programmene. Alle mellomregninger måtte vises. Elevene hadde ikke noe imot å føre inn alle stykkene i Mathtype, og de så ut til å trives med det. Det er klart at dette er en tryggere måte å gjøre det på for å passe på at en innfrir læreplanen og pensumkravene. Jeg har forståelse for valgene som er gjort selv om jeg kunne ønske mindre fokus på føring og terping av teknikker. Dersom målet er at elevene skal gjøre det bra på eksamen så er denne formen for trening på føring av "kjente" eksamensproblemer kanskje en fornuftig metode. Men hvor mye forståelse ligger det i at de behersker algoritmene? I følge elevene fikk de en bedre oversikt når de jobbet med Mathtype på PCen og de gjorde mindre slurvefeil. Flere av elevene sa at de brukte Derive for kontroll av svarene. Liknende funn eksisterer hos Ruthven, Hennessy og Brindley (2004).

Jeg er litt kritisk til oppgaveutvalget ved begge skolene. De fleste elevene jeg intervjuet mente at matematikkoppgavene var blitt lettere å gjøre. Jeg har nevnt at dette trolig skyldes at de bruker et bedre hjelpemiddel enn det læreverket legger opp til. Elevene klarer med ny teknologi å løse problemene som står i pensum. Spørsmålet er om de lærer mer, eller om de faktisk lærer mindre fordi datamaskinen tar seg av arbeidet? Det er da oppgavens utforming blir viktig. Med de kravene FVGS stilte til å gi en begrunnelse og forklare svarene har de etter min mening kommet i gang med en prosess der det fokuseres på å forstå matematikken og anvende verktøyet for å løse problemene. Det er mulig at det ville være fornuftig å studere nærmere RME-tradisjonen (se kort beskrivelse av RME i kapittel 3.2) i Nederland (Drijvers, 2000) og se litt på hvordan deres oppgaver er utformet for å få inspirasjon til dette arbeidet i Norge.

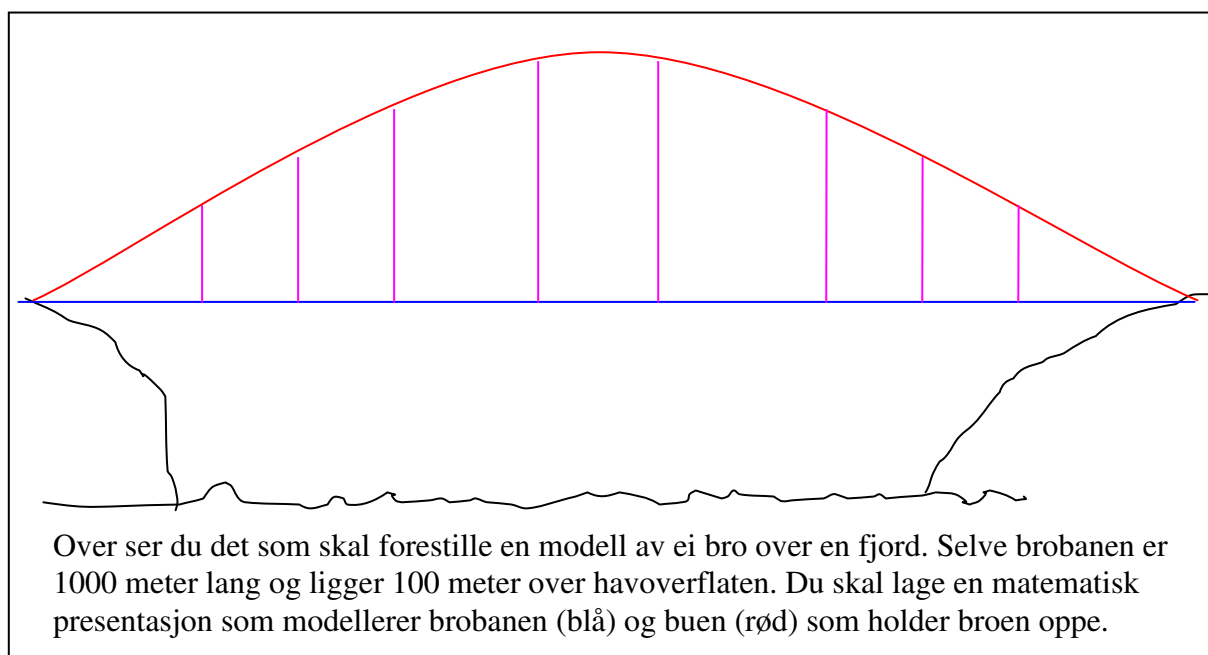
Jeg tror ikke elevene har vesentlig utbytte av å gjøre alle oppgavene på datamaskinen slik undervisningen foregår nå. Det blir i mange tilfeller for lett. Å bare taste inn tall og trykke "enter" gir lite læringsutbytte. Dette skjedde ikke ofte, men i oppgaver som kun bestod av tall der det står regn ut var dette en utbredt metode.

Lærerne havner i den problemstillingen som Ruthven¹ nevner i intervjuet jeg hadde med han. Med en læreplan som vektlegger kunnskap som i stor grad går ut på å beherske algoritmer kan en kanskje ikke forvente at en maskin som i hovedsak tar over regneprosessen skal dominere. Det er et problem at det ikke i større grad går an å dokumentere kunnskap ved hjelp av teknologi. Skal IKT bli et aktivt hjelpemiddel, må oppgaveutformingen endres. Samtidig må en ikke gå i den fella at matematikken er til for datamaskinens skyld. IKT skal anvendes som et av flere hjelpemiddel i arbeidet med matematikken for å fremme forståelse.

Jeg tror ikke en kan forvente at lærerne skal bruke mye tid på å utvikle nye oppgaver. Det er underlig at vi 2006 ikke har lærebøker som utnytter teknologien. IKT har tross alt vært en del

¹ Intervju med K. Ruthven utført av O. E. Rossevatn høsten 2005

av hverdagen i mange år nå. I flere læreplaner har en skrevet om å ta i bruk digitale verktøy, men jeg synes det er lagt liten vekt på å utvikle undervisningsmaterialet som tar høyde for dette på videregående nivå. Hennessy, Ruthven og Brindley (2005) og Monaghan (2004) peker på at lærerne ønsker seg materiell som er bedre tilpasset hjelpemidlene de anvender. Med internasjonal mangel på oppdaterte lærebøker, er det naturlig at den samme utfordringen forekommer i Norge. Men det finnes litteratur som kan gi gode ideer. Blant annet inneholder Teaching Mathematics with ICT (Oldknow & Taylor, 2000) en del forslag til modelleringsoppgaver og problemløsninger. Eksemplene som følger på de neste sidene er utviklet av meg etter inspirasjon fra denne boken. Tanker og ideer fra Kaput, Noss og Hoyles (2002) har også vært med i utformingen. Oppgavene vektlegger modellering og utnyttelse av teknologien til å skape matematisk forståelse.



Modelleringsoppgave tilpasset IKT

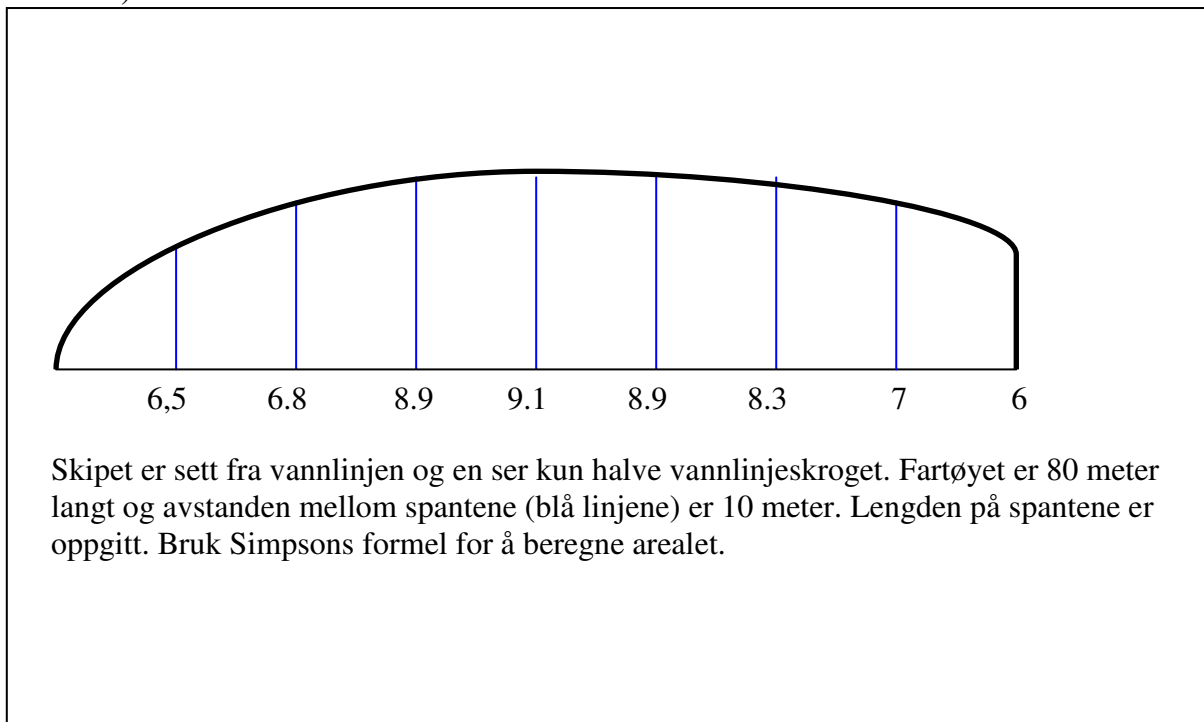
Når en studerer oppgaven nærmere så inneholder den mye matematikk. Elevene må klare å oversette selve tegningen til matematiske figurer som de kjenner til. Brobanen er ei rett linje som må defineres innenfor et bestemt område, for eksempel -500 til 500 i et koordinatsystem. I tillegg må den løftes opp med hundre meter dersom en legger x-aksen i et koordinatsystem som havnivå. Når dette er gjort må elevene til å finne ut av hva buen er. En annengradsfunksjon vil muligens kunne fungere her. Det holder likevel ikke å få laget funksjonen. Den må snus, glattes ut og plasseres slik at den treffer endepunktene i brobanen. Å få til dette krever ganske god kjennskap til funksjonsteori og elevene må vite hvordan konstantene påvirker en annengradsfunksjon. I tillegg kan en utvide oppgaven til å spørre elevene om for eksempel hvor høyt er det høyeste punktet på broen. Da kommer derivasjon inn i bildet. Denne oppgaven har også et annet poeng som både Drijvers (2000) og lærerne påpeker. Den er virkelighetstro. Elevene kjenner seg igjen i selve konstruksjonen.

En slik oppgave som den jeg skisserte her går ikke ut over det som er pensum, den er bare annerledes og kombinerer kunnskapen på en ny måte. I tillegg er den mer tilpasset et dataverktøy. TI eller Derive vil her være et verktøy til hjelpe elevene med å få testet ut hypoteser og eksperimentere med uttrykk som bringer de nærmere en løsning. Datamaskinen står ikke for tenkningen. Det er det elevene som gjør. Den er kun med som en medhjelper for

å teste ut hypoteser. Broeksemplet kan selvfølgelig gjøres med penn og papir, eller med en kalkulator, men det vil ta mye mer tid og løsningen vil ikke bli særlig presentabel.

Et annet eksempel kan være å koble til dataloggere til PCen og utføre eksperimenter. En konkret oppgave vil være å utføre fartsmålinger på en bestemt strekning. Ved hjelp av for eksempel TI kan en da ta i bruk statistikkmodulen og gjøre analyser som viser gjennomsnittsfarten på en strekning. Det går an å gjøre hypotesetester for å finne ut om det er grunnlag for å hevde at bilene kjører over tillatt fartsgrense. Datamaterialet som jeg her presenterer kan selvfølgelig lages ved å velge noen tall. Jeg tror likevel at elevene vil lære mer av å være med på hele prosessen helt fra starten av. TI vil selv samle inn data i tabeller. Det elevene må gjøre er å velge presentasjonsformer, og få TI til å gjøre beregninger på datamaterialet. Fokus i en slik oppgave vil være å gi forklaringer til de svarene TI kommer med. Tunge og til dels meget kompliserte beregninger kan elevene se vekk fra. Ikke minst er det veldig lett å gjøre "punsje-feil" når en selv skal skrive inn alle tallene i materialet. En slik type oppgave vil ta litt lenger tid å gjennomføre enn vanlige statistikkoppgaver, men jeg tror en får mye igjen på forståelsen. Fra egne erfaringer vet jeg at det ikke alltid er like lett å tolke statistisk materialet rett, men ved hjelp av dataverktøy ble det i hvert fall lettere.

Et siste tenkt eksempel er fra skipsfarten. Det er en Simpsons arealformel¹ (også kaldt 1-4-1 formelen).



Skipet er sett fra vannlinjen og en ser kun halve vannlinjeskroget. Fartøyet er 80 meter langt og avstanden mellom spantene (blå linjene) er 10 meter. Lengden på spantene er oppgitt. Bruk Simpsons formel for å beregne arealet.

Oversikt over halve vannlinjeskroget til et tenkt fartøy

Simpsons formel er en tilnæringsmetode. Å beregne arealet innebærer en numerisk tilnærming og regning ved hjelp av tabeller. Poenget med å gjøre oppgaven over må være å spinne videre på den, regne på tyngdepunkt, volum og deplasement. Simpsons formel er da grunnlaget for disse beregningene. Det går for eksempel an å modellere skroget med å tegne omdreiningslegemer. Ved å lage slike figurer får elevene en 3D-modell av skipsskroget, ikke altfor ulikt det marintekniske ingeniører jobber med når de modeller skipsskrog. Det finnes

¹ Jeg har gått på maritim linje ved Høgskolen i Vestfold og vet at denne formelen er meget sentral innenfor skrogberegninger.

flere eksempler fra skipsfarten på oppgaver som har rot i virkeligheten og som ikke er altfor vanskelige for elevene å jobbe med, men de krever tilgang til god regnekraft.

7.4.2 Læreplan og ”pensum”

Etter å ha gjennomført observasjoner og analyser av datamaterialet dukker det opp et spørsmål. Bør læreplanen justeres når IKT er tilgjengelig? Enkelte deler av dagens ”pensum” blir overflødig og for lett å løse med IKT. For en del år siden brukte en logaritmetabeller og regnestaver. Da kalkulatoren kom for alvor førte dette til en endring av læreplanen. En ny revisjon er kanskje nødvendig?

I intervjuene på MVGS var lærerne veldig opptatt av læreplanen. Oppgavene de brukte fulgte planen. De gjorde ikke noe utenom læreplanen. Akkurat her ligger kanskje litt av utfordringen på begge skolene. Pensum og eksamen blir dominerende, litt for dominerende på den ene skolen kanskje. Etter min mening er det et sprik mellom R – 94 og den teknologien som brukes i dag. Da reformen ble gjennomført så brukte ikke skolene CAS-verktøy på samme måte som det FVGS og MVGS gjør i dag. Utviklingen av eksamensoppgavene er ikke kommet så langt at CAS-programmer kommer helt til sin rett. Det bekreftes gjennom oppgaveutvalget ved skolene, mener jeg. Flere av oppgavene i lærebøkene på FVGS fant jeg igjen i min egen matematikkbok fra videregående (lærebøker fra 1994). Det vil si at de er laget for alfanumerisk kalkulator. Da sier det seg selv at oppgaveutviklingen ikke har vært veldig stor. Både lærere og elever ved FVGS har også sagt i intervjuer at de jobber med oppgaver som ikke er tilpasset teknologien de anvender. En annen faktor er kanskje at de fleste elever fortsatt bruker alfanumerisk kalkulator, og dermed legges det mest vekt på å lage oppgaver som passer til den. Det er satt i gang arbeid som forandrer dette. Blant annet er FVGS invitert av Texas Instruments til å komme med forslag til nye problemstillinger som egner seg for symbolbehandlede verktøy som TI.

Ved FVGS anvender de en todelt modell (beskrevet i kapittel 6.1). De får del-to på eksamen spesiallaget for IKT. MVGS har akkurat samme eksamen som blir utviklet for alfanumerisk kalkulator. Dermed kan en kanskje diskutere om deres elever har en fordel på eksamen fordi elevene har et kraftigere verktøy enn kalkulatoren. Men når elevene gjennom Mathtype dokumenterer at de behersker løsningsalgoritmene og kun får Derive til å ta seg av utregningene tror jeg ikke fordelene er så store. Elevene viser tross alt at de kan teknikkene. Det største fortrinnet ligger i at de har fasiten tilgjengelig. Kan elevene anvende programmet så kan de alltid finne korrekt svar på nesten alle oppgavene.

For at elevene skal gjøre det bra på eksamen, må elevene lære en god del regning som datamaskinen egentlig kan ta seg av. I følge lærerne testet eksamen ofte regneferdigheter med talloppgaver og en del tekstoppgaver som lignet de som står i lærebøkene. Derfor ble det viktig å beherske en god del teknikker. Det blir lagt mindre vekt på oppgaver som problemløsning og modellering. Slike temaer egner seg bra for IKT (se eksempler på foregående sider). Mange forskere (se kapittel 3.7) skriver også om læreplanen som en av de store utfordringene for å få til en vellykket bruk av IKT. Det skrives i internasjonale rapporter om at læreplanen må ta høyde for den teknologiske utviklingen dersom en ønsker at slik teknologi skal anvendes. Når en internasjonalt sier at læreplanen og IKT i matematikken ikke alltid passer sammen, er det ikke overraskende at vi her i landet også opplever at læreplanen blir oppfattet som et hinder for god anvendelse av IKT. Det kan bli spennende å se utviklingen fremover når Kunnskapsløftet tas i bruk. Siden digital kompetanse er nevnt som en basisferdighet så forventer jeg at datamaskinen vil bli mer brukt i matematikken enn det den gjør i dag.

7.4.3 Egne refleksjoner over læreplan og oppgavetyper

Nedenfor følger fire eksempler fra analysekapitlet der IKT-bruk drøftes. Med utgangspunkt i disse vil jeg problematisere IKT-bruken jeg opplevde, og peke på en retning som jeg tror kan fremme den matematiske forståelsen.

Jeg mener at et tema som fortegnslinje i arbeid med ulikheter bør vurderes fjernet. Å lære seg å lage denne fortegnslinja er ren teknikk og kun snakk om å kunne manipulere algebra. Er målet å få til ulikhetsoppgaver, eller funksjonsdrøfting så viser eksemplene fra analysen (6.14 og 6.15) at dette kan gjøres grafisk. Forståelsen til elevene så også ut til å bli bedre når de så grafisk hva de gjorde og ikke bare studerte tall. Elevene jeg intervjuet sa helt klart at dette var lettere å forstå med en grafisk tilnærming. Sett fra et annet synspunkt så er det å kunne beherske fortegnslinja også en kunnskap og ferdighet som stiller krav til logisk tenking og evne til å kunne håndtere en god del algebra. Ved å ta vekk fortegnslinja må en regne med litt svekkelse av denne kunnskapen.

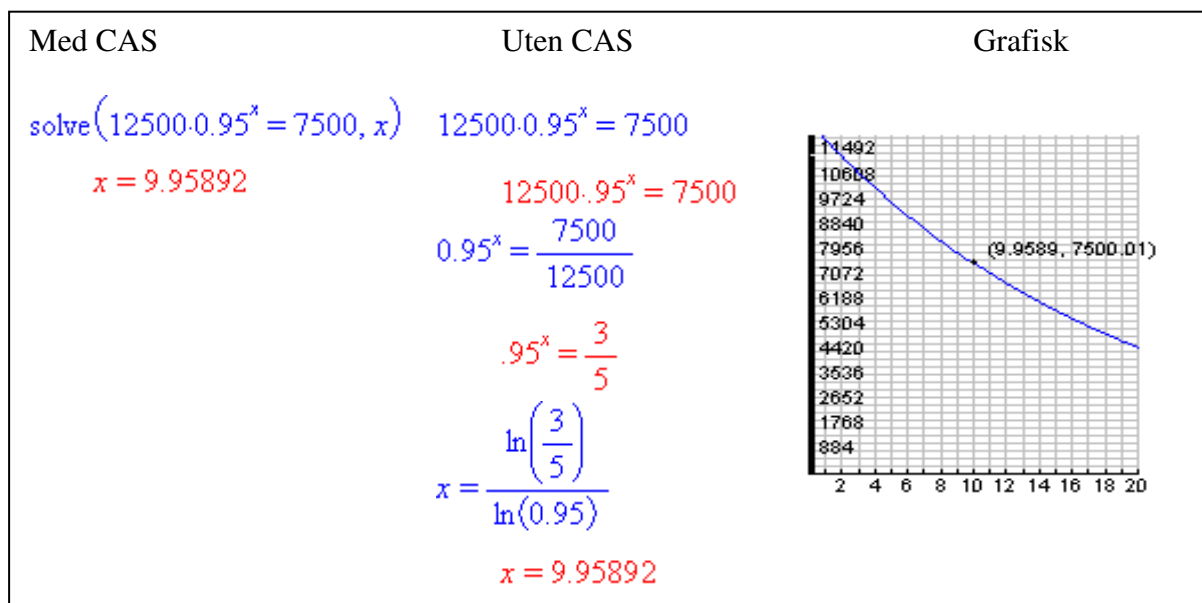
Funksjonsdrøfting er et annet område som jeg mener fortjener en ny vurdering. De fleste elevene så ut til å ha en god forståelse for begrepene innenfor dette temaet. De klarte å forklare meg begreper og fremgangsmåter for å gjennomføre funksjonsdrøftinger. Hva er da begrunnelsen for å gjøre mye av dette arbeidet med penn og papir eller i Mathtype? Er det bare fordi en skal tvinge elevene til å kunne noen algoritmer? Faren for at de mister litt av evnen til å utføre beregninger ser jeg. Regneferdigheter i algebraen kan bli svekket. Det kan fort bli til at elevene bare trykker på funksjonsknappene for å finne svarene på oppgavene. Denne faren har blant annet Monaghan (2005) advart mot. Derfor er utformingen av oppgavene viktig. Den må ikke bli slik at tastetrykking er mulig. Samtidig mener jeg at en får mer igjen på forståelse og evne til å kunne tolk grafene ved å la CAS-verktøyet være til hjelp. Grafer og funksjoner nevnes i mange bøker og artikler (Drijvers, 2000; Johnston-Wilder & Pimm, 2005; Oldknow & Taylor, 2000) som et av temaene der IKT har størst potensial. I analysen viste jeg eksempler på bruk av flere representasjonsformer i arbeidet med funksjoner. Når elevene trekker linjer mellom algebraisk og grafiske løsninger tror jeg at det fremmer læringen og utvikler kunnskap. Kaput, Noss og Hoyles (2002) hevder at grafiske tilnærminger til funksjonsteori er beder enn den algebraiske. Derfor bør en bruke datamaskiner og jobbe mer grafisk enn algebraisk med slike problemstillinger.

Den ideelle løsningen er kanskje noe i nærheten av det både FVGS og MVGS gjør. De krever i begynnelsen at elevene fører oppgavene med penn eller i Mathtype og på den måten dokumenterer at de skjønner håndverket bak beregningene. Etterpå kan en heller slippe datamaskinen mer til for å overta beregninger. Dermed kan en også åpne opp for mer krevende funksjonsoppgaver. Elevene blir da ikke hindret av mangel på regnekraft.

Algebraberegningene kan Derive eller TI utføre uten problem, men er det noe en ønsker? Elevene får et verktøy som takler alle likningene de kommer ut for. Likevel mener jeg at det ofte blir for lett å bare kunne skrive "Solve" og så kommer svaret. Hvilken læring er det i det? Elevene sitter da igjen med to utfordringer, kunne tolke svaret og få satt opp rett likning. Det siste kunne også være en utfordring slik kapittel 6.11 og 6.13 viste. For svake elever som sliter med algebraen vil programmene helt klart være til hjelp. De vil kunne få til mye mer dersom de klarer å oversette oppgaven til matematikk.

Hvordan skal en kunne bruke CAS på dagens algebraoppgaver uten at det blir instrumentelt? For å illustrere mitt poeng vil jeg ta et konkret eksempel. Bildet på neste side viser en oppgave som ble gjort ved FVGS med bruk av TI. Den prinsipielle forskjellen mellom å gjøre

oppgaven uten CAS er "flytting" av tall fra venstre til høyre side av likningen og vite når en skal ta logaritmen. Alle utregningene ville uansett elevene ha brukt kalkulatoren til. Før en tar i bruk IKT på slike typer oppgaver bør en klargjøre målet først, hevder Oldknow og Taylor (2000). Hva kan så målet med en sann type oppgave være? Er det å løse likningen så kan like godt CAS brukes. Det går både raskere og sjansen for feil er mye mindre. Skal elevene lære teknikk for likningsløsning sier det seg selv at en "Solve"-kommando blir uaktuelt, men like fullt kan CAS brukes. Skal en derimot forstå noe om logaritmiske likninger kan begge metodene brukes tror jeg. Lærerne kan vise hvordan CAS vil gjøre beregningene og deretter vise den raske løsningen ved å skrive "Solve". Ved hjelp av TI eller Derive kan en lage grafiske presentasjoner og løse ut fra den. Dermed kan elevene få et bilde på likningen og ikke bare tall. En slik tilnærming ble ikke brukt ved noen av skolene. Jeg spurte også en av lærerne om hvorfor. "Det har eg ikkje tenkt på", var svaret.



Tenkt oppgaveløsning med og uten CAS

Jeg tror det er fullt mulig å bruke CAS systemer i mye av algebraarbeidet. En må ha et klart læringsmål. Når det er definert kan en ta stilling til metoder og verktøy. Ved å legge vekt på flere representasjonsformer (grafisk og algebraisk) kan elevene få flere innfallsvinkler til et problem. Da er også sjansen større for at flere klarer å forstå problemformuleringene og finne løsninger.

Det siste praktiske eksemplet jeg tok opp i analysen (kapittel 6.16) var vektorberegninger. Måten det ble løst på var å føre oppgavene inn i Mathtype og gjøre eventuelle beregninger i hodet, på kalkulatoren eller med Derive. Effekten av denne arbeidsmåten er diskutabel mener jeg. Det er ikke noe prinsipiell forskjell på jobben de gjorde i Mathtype og måten en ellers ville jobbet på med kalkulatoren. Hvorfor tar en da i bruk PCen? Læringsgevinsten med den måten de nå jobbet på tror jeg ligger i økt motivasjon og at fremstillingene blir penere på dataskjermen. Noe revolusjonerende i forhold til undervisningen fant jeg ikke i arbeidsmåtene til elevene. Det er kanskje heller ikke ønskelig at alle disse beregningene skal gjøres med CAS. Blir nødvendigvis forståelsen til elevene noe bedre av at datamaskinen i dette tilfellet utfører alle beregningene? Beregning som avstand mellom to punkter kan ofte utføres med hoderegning. Prikkproduktet mellom to vektorer trenger heller ikke være umulig å beregne uten hjelp dersom det ikke er for vanskelige tall. Jeg tror kanskje at den største fordel ligger

i muligheter for å fremstille både romfigurer og vektorer på skjermen, og ikke bare måtte forholde seg til figurene som tall og noen linjer i rommet slik som beskrevet under.

I undervisningen av vektorer tok læreren i bruk Derive for å illustrere vektorer i rommet. CAS-programmene har her en klar fordel. Romfigurer er lettere å få tegnet i et dataprogram. Dessuten kan en dra i dem og rotere slik at en ser de planene en ønsker å fokusere på tydeligst mulig. Denne teknikken ble brukt når en skulle se på skjæring mellom plan og kuleflater. Jeg kunne ønske at elevene i enda større grad ble opplært i å lage slike figurer. Ved at de får se bilder av figurene tror jeg at forståelsen blir bedre. Det er ikke mange elever som bare ved å se på likninger for plan og kule klarer å forstille seg dette korrekt i hodet. For de elevene som lærer best ved å se bilder og ikke bare studere tall vil en slik tilnærming være bedre. Dessuten kan dataprogrammet stå for beregningene her. Det kan finne skjæringen mellom linjer, flater, kuler osv. Dermed sparer elevene en god del komplisert regning. Ulempen blir å få lært elevene opp i å tegne i 3D. Dette kan ta tid og med presset pensum er det ikke sikkert det lar seg gjøre. De fleste elevene så ut til å ha god kontroll over dataverktøyet, derfor tror jeg ikke at 3D-tegning ville være en uoverkommelig utfordring.

7.5 Prøver

Ny teknologi åpner også for nye evalueringsformer. Jeg finner det lite hensiktsmessig å ha prøver der elevene ikke kan bruke datamaskinen til å gjøre utregninger. Når de har et godt verktøy til å hjelpe seg hvorfor skal en da lage regler som begrenser bruken? Samtidig er det viktig at elevene også dokumenterer regneferdigheter da dette er et krav i læreplanen. Selvfølgelig er det ikke bare læreplanens krav om å kunne regneferdigheter som bør være avgjørende for å lære elevene løsningsalgoritmer. Det er også allmennyttig å kunne gjøre beregninger uten hjelp av teknologi. Hvordan skal lærerne da få til dette? Det kan godt være at en krysning mellom det de gjør ved MVGS og FVGS vil være i en bra kombinasjon. La elevene få lov til å bruke datamaskinen, men kreve på visse oppgaver at de kan dokumentere fremgangsmåten dersom målet er at de skal beherske en teknikk. Ved å la de bruke datamaskinen kan en også lage vanskeligere oppgaver selv om en krever at elevene må vise alle utregninger. Datamaskinen kan ta deg av selve regningene som elevene ellers ville gjort på kalkulatoren, men de får likevel vist at de behersker algoritmen.

I tillegg kan en som lærerne sa gi litt tøffere oppgaver når ikke alle utregninger må vises. Denne formen for oppgaver åpner opp for utnyttelse av datamaskinens regnekraft. De prøvene jeg har sett minner likevel ganske mye om oppgaver som godt kunne vært løst med vanlig kalkulator. Prøven blir dermed kanskje mer en test på om de behersker hjelpemiddelet.

Elevenes uttalelser om prøvene er nesten utelukkende positive. Det overrasket meg ikke at elevene ved FVGS var ganske positive. Der fikk de lov til å anvende TI til å gjøre utregninger uten å måtte gjøre noen innføringer i et skriveprogram på en del av matematikkprøvene. Jeg hadde forventet at elevene med MVGS var litt mer negative siden de ikke slapp like "lett" med krav til føringer og visning av utregninger, men slik var det altså ikke.

Elevene ved MVGS kom med noen interessante opplysninger om den nye prøveformen. Ved å ha datamaskinen til stedet kunne de hele tiden sjekke om deres løsninger var rette. Det samme nevnes i en rapport av Ruthven, Hennessy og Brindley (2004). Mange av elevene brukte også datamaskinen som et bibliotek. Fikk de en oppgave de ikke skjønnte, så lette de igjennom mappene etter lignende problemer for å se hvordan den var gjort der. Dette krever selvfølgelig at elevene har god oversikt over pensumet. Denne arbeidsformen ser jeg på som svært positiv. Det er en mer realistisk arbeidsmåte (jamfør Dörflers (1993) synspunkter).

Elevene kan anvende den kunnskapen de allerede besitter, og de trenger ikke kunne absolutt alt i hodet.

7.6 Programvare og mulige hindringer

Det er skrevet mye om krav til lærerkompetanse og hvilke problemer CAS-programmer kan føre til i undervisningen (se kapittel 3.5). I analysedelen (6.5 og 6.6) omtalte jeg enkelte utfordringer som oppstod i forbindelse med bruken av IKT. Disse problemene stemmer delvis med det annen forskning viser. Noen elever slet med notasjonene i programmet. Forvirring knyttet til bruk av punktum og komma var til stede og det overrasket meg at ikke slike bagateller var fjernet. Det er mulig at disse hindringene vil forsvinne av seg selv når elevene får mer erfaring, men kanskje burde lærerne være flinkere til å påpeke dette i grunnopplæringen av programmene.

Det oppstod problemer med å tolke svarene når elevene brukte Derive og TI. Elevene skjønnte ikke helt når svarene kom som brøker eller normalform og ikke som desimaltall. Dette fenomenet kan det rettes opp i ganske lett. Drijvers (2000), Pierce og Stacey (2004) peker på tolking av svar som en av de store utfordringene ved bruk av avansert programvare. Lærerne burde kanskje i enda større grad ha utnyttet dette problemet til å snakke om normalform i stedet for bare å be elevene justere innstillingene. Jeg tror at grunnen til at dette ikke ble gjort skyldes at en ville ha fokuset på det temaet en holdt på med. Måten programmene oppga svarene på opplevdes som en hindring og stjal oppmerksomhet.

Jeg hadde på forhånd ventet vanskeligheter med opplæringen i programmene. Oppgaver løses ofte annerledes med datamaskiner enn med penn og papir. Derfor trodde jeg at dette vil gi store utfordringer. Men slik ble det ikke. Både Drijvers (2000) og Guin og Trouche (1999) har nevnt dette som en stor hindring. Grunnen til at elevene ikke oppfattet læringsterskelen til programmene som stor tror jeg kom av god opplæring og oppfølging fra lærerne. Ved begge skolene hadde de truffet tiltak for å hindre at programmet skulle være den store utfordringen. De hadde laget egne manualer og elevene utvekslet ideer over læringsplattformen. Eksemplet fra faktoriseringen (kapittel 6.13) viste en typisk gjennomgang. Når lærerne var såpass nøye med å si hvor elevene skulle trykke for å få løst oppgavene sikret de seg at programmet ikke ble til hindring og overtok fokuset i opplæringen. En kan hevde at en slik instruksjon ikke stimulerer til læring. Men skal en undervise i visse operasjoner og lære et program, tror jeg det er fornuftig å gi ganske klare instruksjoner på grunnleggende temaer i et CAS-verktøy. Dette påpeker også Guin og Trouche (1999). Det bør ikke være en ønskelig utvikling at programvaren tar mye oppmerksomhet, mener jeg. Dette faremomentet påpeker Oldknow og Taylor (2000). Det er ikke nødvendig at elevene skal lete i en mengde menyer for å finne fram til ønsket operasjon. Slikt stjeler kun tid og tar vekk fokuset fra matematikken og retter det mot programvaren. Jeg tror metodene med å være nøye med instruksjoner hadde mye for seg og sparte lærerne for mye elevfrustrasjon.

I analysen kapittel 6.5 ble bruk av tekstopp-gaver oppfattet som vanskelig av flere elever. Etter å ha studert videoopptakene nøye tror jeg at problemene som elevene opplevde i arbeidet med disse oppgavene ikke skyldes datamaskinen. Overgangen mellom tekst og matematikk var hovedutfordringen. I mitt materiale finner jeg ikke noen sammenheng mellom det Drijvers (2000) og Guin og Trouche (1999) skriver om at CAS gir en annerledes måte å jobbe på som kan virke hemmende. Elevene påpeker riktignok at IKT gjorde arbeidet litt forskjellig fra penn og papir, men de så aldri på PCen som problemet i dette arbeidet. Igjen tror jeg dette skyldes måten lærerne organiserte undervisningen på. Med å være så fokuserte på å lære elevene godt opp i programmet unngikk en problemer av denne typen. Jeg tror heller at

datamaskinen gjorde det lettere for elevene å få til oppgaver. Nå hadde de et verktøy hvor de raskt kunne få testet ut sine løsningsstrategier. En kan jo derimot si at en prøv- og feilteknikk for å lete seg fram til rett svar heller ikke er den smarteste veien å gå. Men CAS-programmene gav elevene en mulighet til å se om de var på rett vei. Dersom arbeidet skulle utføres med papir og blyant ville en slik prosedyre tatt mye lengre tid. Ingen av eleven har uttalt at datamaskinen var et hinder for læringen. Derfor tror jeg det er feil å gi den skylda dersom elevene ikke får til en tekstopp-gave. Bildet er mye mer komplekst.

Synspunktene til eleven som i kapittel 6.5 uttalte seg svært negativt om skolens IKT satsing bør en diskutere litt nøyere. Eleven representerte nok ikke gjennomsnittet ved skolen, men det kan være flere som deler hans syn. Ved å utelukkende mislike teknologi og ikke se noe positivt med de valgene skolen har tatt, blir det vanskelig å få særlig utbytte av undervisningen. Begrunnelsen hans er at IKT gjør elevene ”dumme” og mindre flinke i matematikk. Han hevdet at datamaskinen kun førte til at de mistet all evne til å kunne jobbe med ”hodet” og vise beregninger på papir. Jeg mener at bildet er litt mer nyansert og er uenig med denne eleven. Dersom han bare skulle jobbet med ”hodet” som han sa, må store deler av dagens pensum utelukkes. Det vil ta for lang tid å gjøre alt arbeidet for hånd. Eleven har rett i at norske elever gjør det dårlig på flere undersøkelser, deriblant PISA (Kjærnsli, Lie, Olsen, Roe, & Turmo, 2004). Bildet som tegnes av skolen er ikke positivt. Men å skylde det utelukkende på teknologi er i enkleste laget, særlig siden siste Monitorrapport (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005) viser at skolene ikke er aktive brukere av IKT i matematikken. Jeg har ikke funnet noe i mitt materiale som sier at bruk av datamaskinen hemmer læring. Opplevelsen var heller motsatt, elevene får til mer fordi de kan anvende et verktøy på oppgaver som de ellers ville slitt med

Hva gjør en når slike meninger blir ytret? Holdningen til eleven er at skolens måte å undervise på er feil og gir ikke han noe læring. Dette er en pedagogisk utfordring som det ikke finnes noe lett svar på. Undervisningen er bygd opp rundt bruk av datamaskiner. Det er hovedverktøyet. Jeg har ikke funnet noe i litteraturen som antyder en løsning på dette. En mulighet er at skolen har såpass med resurser at de kan tilby undervisning både med og uten datamaskiner, men dette er vel en heller tvilsom løsning i dagens skolenorge.

En annen elev hadde også ekstreme meninger om at datamaskinen var løsningen på alt. Da han fikk lov til å bruke den trengte han nesten ikke lære mer matematikk. Under observasjoner og i løpet av intervjuer ble hans noe enkle syn på matematikken utfordret (se kapittel 6.5). Utfordringen ligger i å få elevene til å innse at selv om datamaskinen er kommet inn i klasserommet så betyr det ikke at de kan glemme all form for matematikk. Noen formler, algoritmer og begreper må de kjenne betydningen av for å til oppgavene. Har elevene ingen matematisk forståelse og tror at alt ordner seg med noen tastetrykk så tar de feil. Heldigvis så var dette en holdning som forsvant hos de fleste elevene etter ganske kort tid da de oppdaget at maskinen kun kan regne. Den kan ikke løse oppgavene. Det er elevene som selv må stå for tenkingen.

7.7 Læringsplattform

Læringsplattformen ble til en viss grad brukt aktivt slik som beskrevet i analysens kapittel 6.8. Lærerne sa selv at det ikke nyttet å legge ut beskjeder der og håpe på at alle fikk de med seg. Det er uheldig at elevene selv ikke ser hvilke muligheter som ligger i å være en aktiv bruker av en slik kommunikasjonskanal. Jeg vil gi et eksempel for å illustrere mitt poeng. Caro fortalte meg at hun brukte den ofte. Når hun ikke fikk til oppgaver sendte hun de til Odd (læreren) og ønsket å få veiledning. Det gikk som regel aldri lang tid før det kom respons, sa

hun. Dermed kunne hun holde på kommunikasjonen med lærerne utenfor klasserommet også. Dette krever selvfølgelig at lærerne stiller opp litt mer enn normalt og sjekker læringsplattformen ganske ofte. Eksemplet med Caro er nevnt for å vise at IKT åpner for veiledning og dialog også utenom den organiserte undervisningen.

I analysen ble det skrevet at MVGS la ut fullstendige løsningsforslag på læringsplattformen. For lærerne sin del tok dette bort mye av arbeidspresset med å skulle rekke å hjelpe en stor klasse. Selv om en del elever så vel mye i fasiten, tror jeg likevel at dette var en fornuftig arbeidsmåte. Elevene slapp lang ventetid og kunne i større grad ta ansvaret for egen læringen. Dersom de ikke forstod løsningen ble det aktuelt å kalle på læreren. Dermed har en oppnådd en liten endring i lærerrollen. Nå fungerer han/hun i større grad som en veileder.

7.8 Roller

I mye litteratur er det beskrevet endringer i lærerrollen når IKT kom inn i klasserommet (Hudson & Borba, 1996; Noss & Hoyles, 1996; Thomas, Tyrell, & Bulloch, 1996). Ved begge skolene har lærerne fått en ny kunnskapsformidler i CAS-programmene, men de opplevde likevel ikke en forandring i sin rolle hevdet de. Jeg tror kanskje noe av grunnen til dette skyldes den kompetansen de fleste lærerne har. Kompetanse er en av forutsetningene som Thomas, Thyrell og Bulloch nevnte for en vellykket implementasjon. De fokuserer på at lærerne er positive til IKT-bruk og får nødvendig støtte og veiledning. Alt dette har begge skolene tatt høyde for.

Alle utenom Gro var utdannet innenfor IKT. Lærerne vet godt hvilke krav som stilles når datamaskinen anvendes. Flere lærere uttalte at timene ble mer lik dataundervisningen de hadde. Dette er nødvendigvis ikke positivt. Det er matematikk en skal drive med, ikke dataundervisning. Et for strekt fokus på maskinen kan være uheldig hevder, Oldknow og Taylor (2000). Med denne bakgrunnen blir det forståelig at de ikke opplevde store forandringer. Lærerne var vant til å være veiledere ved siden av et så kraftig verktøy som PCen er.

Lærere med dårlig IKT-bakgrunn vil nok oppleve en litt ny tilværelse slik Gro gjorde det. Ikke minst vil det for mange ta mer tid å sette seg inn i et nytt verktøy og tenke igjennom god pedagogisk bruk. Denne endringsprosessen må lærerne igjennom dersom de skal bli flinke til å bruke datamaskinen hevder Oldknow og Taylor (2000). De må være motiverte og villige til å lære seg programmet. Det viktigste er kanskje å være klar over at IKT ikke vil revolusjonere undervisningen, men heller være et godt bidrag til å forbedre læringsprosessen.

7.9 Likheter med Blomhøjs kategorier

Noen elever snakket om at datamaskinen gjorde at de kunne gå dypere i matematikken nå enn før. Dette var dyktige elever. De maktet å bruke IKT til å løse de fleste utfordringene. Slike elevers evne til å bruke IKT er beskrevet i to av artiklene jeg har studert og referert til i kapittel 3.4 og 3.1.4 (Blomhøj, 2003; Goos, Galbraith, Renshaw, & Geiger, 2003). Disse elevene havner kanskje i den øverste kategorien siden de viste stor dyktighet i å bruke maskinen til å vektlegge forståelse og utforskning. Det er slik Blomhøj beskriver den reflekterte elevvirksomheten. Jeg hadde ønsket at enda flere kunne kommet vekk fra å kun se på IKT som støtte og et instrument i effektivisering. En har oppnådd at flinke elever har utviklet en dypere forståelse, men har en klart å få løftet andre elever tilsvarende?

Til en viss grad mener jeg det. Jeg fant ingen elever som så på datamaskinen som en ekstra belastning de måtte lære seg i tillegg til matematikken. Riktignok var det en som uttalte seg

negativt om teknologi, men han sa ikke at datamaskinen gjorde at han lærte mindre. Eleven mislikte kun bruken av datamaskinen fordi det var gal måte å lære matematikk på. Jeg tror ikke jeg har klart å finne noen av elevene som ser på IKT som et ekstra hinder slik Blomhøj (2003) dokumenterte i Danmark. Årsaken til at jeg ikke har lyktes i å identifisere disse elevene kan skyldes at ikke alle har blitt intervjuet, men med fire uker observasjon i hver av klassene mener jeg å ha fått et visst overblikk. Det kan se ut som lærerne har lyktes med å integrere datamaskinen i klasserommet på en slik måte at alle kan ta den i bruk i sitt arbeid og den er ikke blitt et hinder for undervisningen.

De fleste elevene jeg observerte havner i Blomhøjs (2003) midterste kategori. I denne kategorien plasserer han elever som kun ser på IKT som et verktøy til å ta unna mer arbeid på kortere tid. I varierende grad opplevde jeg at elevene tok i bruk datamaskinen, svært ofte med hovedmål å få til oppgaven og så gå videre. Jeg tror det er flere grunner til at de fleste elevene havner i denne gruppen. For det første kan skolens syn på IKT ha betydning. Lærerne ved FVGS vektla blant annet at IKT effektiviserte slik at en fikk gjort mer på kortere tid. Med de rammene som lærerne la i undervisningen er det å vente at de fleste elever brukte CAS-programmene til å ta unna mer regning på en raskere måte. En annen grunn til at en ikke bruker IKT til mer utforskning ligger i et stort pensum. Elevene skal igjennom mye matematikk på kort tid. Derfor tones utforskningsdelen ned og arbeidet med tradisjonelle oppgaver vektlegges mer. Da er det ikke rart at mange elever bruker lite tid til refleksjon.

Det er en nyanseforskjell på IKT arbeidet til elevene som jeg mener havner i den midterste gruppen og Blomhøjs elever i samme gruppe (for utdyping av Blomhøjs kategorier se kapittel 3.4). Hans elever vektla forklaring og begrunnelse i liten grad. Dette var elevene jeg intervjuet svært opptatt av. Svarene på oppgaven skulle begrunnes og til en viss grad forklares. Det kan derfor se ut som om elevene ved MVGS og FVGS er kommet litt lenger i arbeidet med forståelse og refleksjon selv om de ikke bruker mer tid enn høyest nødvendig på dette.

7.10 Matematisk kunnskap i IKT-alderen

Dersom en tar i bruk IKT så forandres en del premisser for kunnskapsbygging og undervisning hevder Oldknow og Taylor (2000). I analysen og i diskusjonen har jeg vært innom temaer som pensum, læreplan, undervisningsmodeller og oppgaveutvalg.

Det finnes forskningsresultater som viser at enkelte elevtyper ikke bare ser positivt på databruk. Maskinens hastighet og måten utregninger presenteres på med kun et svar kan hindre refleksjon. Begge disse utfordringene ble avdekket av Povey og Ransom (2000). Jeg har ikke funnet noen tilsvarende i mitt materiale. Siden en kan ta unna vanskelig regning raskere kan elevene legge mer vekt på å forstå og mindre vekt på selve utregningen. Det siste funnet til Povey og Ransom samsvarer med uttalelser fra elevene jeg intervjuet. Likevel finner jeg en litt bekymringsfull nyanseforskjell. Jeg har funnet både flinke og svake elever som sier at de liker å bare få ut svar. Overvekten er likevel at svake elever bryr seg lite om å forstå utregningen. Flinke og middels flinke elever har et større ønske om å skjønne hva som skjer i PCen.

Forskningen (Deaney, Ruthven, & Hennessy, 2003; Hudson & Borba, 1996) tyder på at elevene fortsatt oppfatter læreren som den viktigste formidleren av kunnskap. Ut fra det jeg har studert av datamaterialet er det ingen intervju eller observasjoner som tyder på noe annet. Det er vel heller ikke ønskelig at datamaskinen skal erstatte læreren. Få elever snakket om at datamaskinen bidrog til at de lærte mer, bortsett fra i funksjonsteori. I stedet valgte de å fokusere på måten matematikken fremstiltes på, og at den hjalp dem med utregninger. Dette

må også sees på som et bidrag til læringen. På de foregående sidene har jeg beskrevet hvilke gode egenskaper fremstillingen på datamaskinen har hatt for elevenes evne til å kommunisere matematikk. Det kan se ut som at jeg er på kollisjonskurs med elevene når jeg hevder at de også lærer med datamaskinen. Jeg tror forskjellen ligger i hva en definerer som matematisk kunnskap (se også kapittel 3.1). Elevene baserer seg på hva de kan få til å regne ut og få korrekt svar på, mens jeg baserer meg på andre definisjoner som for eksempel Niss (2002) og Skemp (1976; , 1979). Jeg har ikke funnet noen direkte uttalelser der elevene sier at dette får vi ikke til uten datamaskinen. Det nærmest en kommer slike påstander er utsagn fra lærerne. De mente at IKT bidro til at elevene fikk til mer.

Er det noe med undervisningssituasjonen som gjør at ikke flere har større tiltro til datamaskinen? Både oppgaveutvalg og organisering har betydning. Dette har jeg utdypet tidligere i kapittel 7.2 – 7.6. Det er skrevet mye om betingelser for god integrering av datamaskiner i klasserommet. Dersom en sammenligner integreringen fra FVGS og MVGS med litteraturen nevnt i kapittel 3 (Erstad, Kløvstad, Kristiansen, & Sjøby, 2005; Oldknow & Taylor, 2000; Ruthven, 2005; Thomas, Tyrell, & Bulloch, 1996) finner en både forskjeller og likheter. Har skolen tatt god nok høyde for de forandringer som skjer når datamaskinen kommer inn i klasserommet? Kompetansemessig bør det ikke være noe problem. Bare en av lærerne jeg intervjuet var ikke fagutdannet innenfor IKT. Spørsmålene er om de klarer å bruke datamaskinen på en måte som utvikler kunnskap og ikke bare tastetrykking. Lærerne var stort sett flinke til å bruke CAS-programmene med et klart læringsmål, slik mange forskere hevder (Hennessy, Ruthven, & Brindley, 2005; Oldknow & Taylor, 2000) er viktig. Der det kanskje mangler litt er en måte å sjekke om elevene virkelig har lært noe med å bruke datamaskinene (prøvene diskuteres i kapittel 7.5). Det er heller ikke lett å si noe om hva som er god pedagogisk bruk av IKT. I de avsluttende avsnittene vil jeg derfor si litt om ordet kunnskap og prøve å relatere det til IKT-bruk.

Begrepskunnskap og prosedyrekunnskap ble definert i kapittel 3.1.2 (Hiebert & Lefevre, 1986). Til en viss grad mener jeg at IKT kan føre til prosedyrekunnskap. Når dette begrepet ble nevnt i 1986 så hadde ikke elevene tilgang på samme type verktøy som i dag. Derfor kan det være nyttig å se litt på forskjellen mellom prosedyrekunnskap med og uten IKT. Når elevene ikke bruker IKT defineres prosedyrekunnskap som å kunne kjenne til symbolers utsende og kunne regler for bruk av symbolene. Prosedyrekunnskap er også å kunne utføre en algoritme for løse en oppgave når løsningsprosedyren er gitt i en bestemt rekkefølge (Hiebert & Lefevre, 1986). I en IKT-sammenheng mener jeg at det finnes både likheter med og forskjeller fra denne definisjonen av prosedyrekunnskap. Med bruk av IKT kan prosedyrekunnskap bli å kunne de rette kommandoene for å få til en løsning. Elevene trenger ikke å kunne stegene i løsningsprosessen. Det vil programvaren selv ta seg av. Symbolforståelsen blir ganske lik, vil jeg hevde (se også kapittel 3.1.2). Elevene må kjenne til betydningen av de forskjellige symbolene som for eksempel CAS-programmene viser og ha en forståelse for reglene som følger med symbolene ellers velger de feil kommando.

Eksemplene i kapittel 6.11 viser hvordan enkelte elever kun trykte seg fram til svaret og dermed viste tendenser til prosedyrekunnskap. Hvordan en skal klare å unngå at IKT bare fører til denne typen kunnskap har jeg ikke noe enkelt svar på. Den viktigste faktoren for å motvirke et ensidig fokus på utvikling av prosedyrekunnskap, er læreren selv. Ved å legge vekten på forståelse i sin presentasjon av stoffet og ikke på en løsningsteknikk kan han/hun være en motvekt til å kun skrive inn "Solve, Factor" osv. i dataprogrammene. Det kan også være at læreren ved å ta i bruk CAS-programmene slik jeg viste i kapittel 7.2 og 7.6 kan få fram sammenhengen mellom det maskinen gjør og den algoritmen elevene bruker med penn

og papir. På den måten kan læreren bygge en bro mellom tastetrykking og forståelsen av matematiske regnemåter.

IKT gir nye muligheter for å støtte utviklingen av begrepskunnskap. Det er lettere å vise flere representasjonsformer. Tilnæringsmetodene som ble brukt i funksjonsdrøftingen er et godt eksempel. Undervisningen var med på å bygge opp relasjoner mellom algebra og funksjonsteori på en flott måte. Dette er i tråd med teoriene til Hiebert og Lefevre (1986). De tre oppgavene jeg selv tok med (kapittel 7.4.1) kan også ses på som et forsøkt på å få til relasjoner mellom flere matematiske begreper. Samtidig er det en balansegang mellom hvor mange muligheter en skal vise. Ved å presentere for mye i rask rekkefølge kan elevene fort miste oversikten. For å utvikle denne formen for kunnskap er det viktig at lærerne kjenner verktøyene så godt at de kan se hvilke muligheter som finnes. Til en viss grad hadde de to skolene slik kompetanse. MVGS har flere års erfaring fra IKT og matematikk og behersket nok verktøyene bedre enn FVGS. Med mer erfaring vil trolig også FVGS bli enda flinkere til å ta i bruk TI til å vise flere representasjonsformer.

I den nye læreplanen "Kunnskapsløftet" (Matematikksenteret, 2006) defineres det kun kompetansemål. Tre komponenter er avgjørende: Forståelse, ferdigheter og anvendelse. Når elevene behersker disse tre kompetansene sies han/hun å ha en helhetlig matematisk kompetanse. I forlengelsen av de tre ovennevnte komponentene følger ordet hjelpemiddelkompetanse som en faktor i alle tre. Denne måten å definere matematisk kompetanse på bygger på Niss (2002) sine åtte definisjoner. Derfor kan det være naturlig å se på skolenes bruk av IKT i forhold til Niss sine kompetanser. Skolene jeg besøkte brukte egentlig CAS-verktøyene i alle åtte punktene. PCen anvendes til å "tenke" med. Den tar seg av kompliserte regneoperasjoner, mens elevene selv prøver å legge opp en løsningsstrategi. Ikke minst brukes datamaskinen til å løse problemer, men det arbeides lite med såkalte problemoppgaver. Modellbygging er kanskje det temaet der skolene faller litt igjennom. Men det skyldes at dette temaet ikke vektlegges mye i undervisningen heller. Når det gjelder evnen til å kunne resonere matematisk, kan datamaskinen være med som et hjelpemiddel. Dörfler (1993) mener at elevene ved hjelp av IKT får et middel til å holde styr på begreper og hjelpe til med resonneringen. Representasjonsformer er et tema hvor skolene har litt vei å gå. Ut fra observasjonene så jeg at elevene i liten grad ble stimulert til å kunne løse oppgaver på forskjellige måter som algebraisk eller grafisk, bortsett fra i funksjonsdrøfting hvor dette ble gjort.

Utvikling av det Skemp (1976; , 1979) referer til som instrumentell forståelse kan bli et stort problem med bruk av datamaskinen. Begge skolene mener at de gjennom sin modell har tatt steg for å motvirke dette. Ved FVGS har de en todelt prøve, en del med og en del uten hjelpemidler. MVGS har krav til å vise alle utregninger i detalj. Jeg oppdaget et annet forhold som kanskje er enda viktigere enn en modell for å kontrollere hva elevene kan taste seg fram til. Flere av elevene jeg intervjuet hevdet at de ønsket å forstå hva som skjedde. PCen gav bare et svar, og dette var ikke tilfredsstillende. Dette er uttalelser som viser stor modenhet hos elevene. Dersom læreren klarer å motivere elevene til refleksjon, og ikke bare godta svarene kan en komme langt i å motvirke instrumentell forståelse. Da trenger en kanskje heller ikke å lage kontrollrutiner. I stedet kan en stimulere elevene til selv å legge vekt på å skjønne algoritmene som ligger bak svarene Derive eller TI presenterer.

7.11 Oppsummering

For å få til en vellykket integrering av IKT kreves det flere elementer. Skolene må satse på kompetanse blant flere lærere. Det må utvikles en undervisningsmodell som tar høyde for

både tilgjengelige hjelpemidler og læreplanens intensjoner. Enkelte temaer i dagens læreplan bør kanskje vurderes på nytt. Med IKT tilgjengelig kan en i større grad legge vekt på forståelse og ha mindre fokus på algoritmer. Valg av oppgaver ser ut til å være en kritisk faktor i konstruksjonen av kunnskap. Det er her de store utfordringene ligger. Det må være klare definisjoner på hva en ønsker å oppnå med IKT-bruken og hvordan en anvender verktøyet for å nå dette målet. Frykten for at datamaskinen kun gjør elever til tastetrykkere mener jeg er betydelig overdrevet. De fleste elevene har et ønske om å forstå, og ikke bare utvikle instrumentell forståelse. Sett ut fra lærernes og elevens synspunkter så er IKT et godt hjelpemiddel. Det skaper både motivasjon og variasjon i undervisningen.

8 Implikasjoner og forslag til videre forskning

8.1 Implikasjoner

Hva kan så denne masteroppgaven bety for skoler som ønsker å ta i bruk CAS-programmer? Dersom integrering av avanserte dataverktøy skal gå bra bør skolen ta hensyn til en del faktorer. Først og fremst må det en kompetanseheving til. Lærerne må tilegne seg kunnskap om programmene de skal bruke. Dette kan gjøres ved eksperimentering, kanskje kontakte noen av de skolene jeg besøkte eller relevante kompetansemiljøer som NSMO. Fra skolens side er det viktig at det settes av nok tid til å bli kjent med programvaren og at de får med seg hele matematikkmiljøet på en slik satsing dersom den skal være holdbar over tid. Det er også viktig at skolene er godt utstyrt. Projektorer i hvert klasserom og god tilgang til IKT-verktøy hele tiden er viktig for å sikre god opplæring i bruk av programmene.

I oppstarten av undervisning med IKT viser det seg at bruk av nøyaktige instruksjoner er viktig for å sikre seg at elevene kan det grunnleggende. Dermed blir læringsterskelen til programvaren lav og elevene blir i stand til raskt å ta programmet i bruk.

En av styrkene til CAS-programmene er deres evne til å få illustrert matematikken på en bedre og mer nøyaktige måte enn det som er mulig med tavle og penn og papir. For læreren sin del vil dette gjøre undervisningen mer spennende og kanskje blir det lettere å formidle lærestoffet.

I det praktiske arbeidet med oppgaver kan en tenke seg flere varianter. Etter en gjennomgang fra læreren vil det ofte være nødvendig at elevene får noen enkle oppgaver for å lære inn begreper og forstå innholdet i begrepene. Her kan IKT tas i bruk. En trenger ikke bruke penn og papir for å forstå det grunnleggende. La elevene få lov til å skrive "solve", "max" osv. for å "leke" seg med likninger og funksjoner i begynnelsen slik at de kan tilegne seg kunnskap om det læreren gikk i gjennom i timen. Det bør heller ikke være slik at en har for mange lette oppgaver. Når en er kommet over denne terskelen slik at elevene har en viss ide om innholdet i begrepene, kan en gå videre med mer avanserte problemer som åpner for anvendelse av det en har lært. Her vil IKT virkelig komme til sin rett. Da kan det være aktuelt å jobbe med modelleringsoppgaver slik jeg skisserte i kapittel 7.4.1.

Ut fra det jeg har studert kan resultatet av en IKT-undervisning bli følgende: Elevene blir mer motiverte. Fokuset på pugg blir mindre. Matematikken blir pent fremstilt og lettere å se tilbake på ved en senere anledning. IKT-bruk kan føre til en mer realistisk arbeidsmåte. Ved å vektlegge oppgaver der elevene stimuleres til å tenke og drøfte svarene i oppgavene kan en oppnå en dypere matematisk forståelse.

8.2 Videre forskning

Et av de temaene som det helt klart må forskes mer på er matematikkoppgavene. Det må være mulig å utvikle læringsmaterieell der en tar i bruk IKT på en effektiv måte for å nå kompetansemålene i læreplanen. I diskusjonsdelen la jeg fram noen egne forslag og prøvde å si litt om hvilken dreining jeg mener at undervisningen bør ta på grunnlag av det jeg har observert.

Følgende temaer tenker jeg at en må rette spesielt fokus på:

- Utvikling av modelleringsoppgaver

-
- Lage nye og bedre algebraoppgaver
 - Lage vektoroppgaver der IKT kan tas mer aktivt i bruk
 - Utvikle oppgaver der en legger mer vekt på forskjellige representasjonsformer

I løpet av våren har jeg så smått fått sett på nye lærebøker tilpasset Kunnskapsløftet. Lærerne på FVGS fortalte meg i mars at de ikke var særlig imponert over disse. Lærebøkene har ikke tatt tilstrekkelig høyde for den måten de underviser på, og oppgaveutformingen er mer tilpasset alfanumerisk kalkulator enn CAS-programmer. Jeg deler nok litt deres syn ut fra det lille innblikket jeg fikk. Det bør gjøres en del arbeid for å se på hvordan lærebøkene må utformes for å nå læreplanens mål om digital kompetanse.

Gjennom arbeidet med oppgaven har også en del andre spørsmål og utfordringer meldt seg. Hvordan kan en dokumentere at elevene virkelig får mer matematisk kunnskap ved å bruke avanserte dataverktøy? Jeg har tro på dette, men har i løpet av året blitt utfordret av flere lærere om å bevise det. For å kunne gi en grundigere dokumentasjon om hvordan elevene jobber og lærer med IKT tror jeg at en må følge dem over mye lengre tid, gjerne over flere år for å kunne si mer om hvordan matematisk forståelse utvikler seg ved bruk av IKT. Den ideelle situasjonen hadde muligens vært å kjøre en toforsøksordning der en har en kontrollklasse som lærer matematikk på ”gamlemåten”, og en klasse som lærer matematikk med bruk av IKT. Da kunne en med enda større sikkerhet si om bruk av avanserte programvarer fører til mer kunnskap.

På markedet i dag finnes mange CAS-verktøy. Jeg har sett litt på Derive, men konsentrert meg mest om TI. Jeg tror at det bør gjøres litt mer arbeid med å vurdere hvilke CAS-verktøy som egner seg best på videregående skole. Dessuten må en også finne ut hvilke andre programmer som egner seg til andre deler av pensum. Målet kunne kanskje være å komme med en slags ”skolepakke” med anbefalte programvare som en vet at passer bra i undervisningen.

Digitale ressurser bør også utvikles i større grad. Enkelte elever ved MVGS hadde alt opprett mattematikkrom på Internett. Slik som situasjonen var på de to skolene jeg besøkte ble læringsplattformen i stor grad brukt som en informasjonskanal fra lærere til elever. Jeg tror at en bør forske mer på å få utviklet interaktivitet der lærerne og elevene utveksler ideer og diskuterer matematikk i enda større grad over nettet. En styrke til Internett er uavhengighet av tid og sted. Dermed kan kontakten mellom elevene og lærerne opprettholdes også utenom timene. Ulempen er at da må lærerne være tilgjengelig utenom skoletid også.

I masteroppgaven har jeg ved flere anledninger skrevet om fordelene med å ha data pent fremstilt og at det er lett å kunne se tilbake på hva en har gjort. I fremtiden vil jeg tro at behovet for å kunne dokumentere arbeid utover karakterer vil øke. Dersom dette skal være mulig må det utvikles en mal for hvordan en digital portefølje skal se ut, og en må få laget et system som kan håndtere en mengde filformater. Dagens situasjon er at TI, Derive og en mengde andre dataprogrammer kun kommuniserer med seg selv. Dermed kreves det at brukeren har dette installert på sin maskin for å kunne lese slike filer. Skal målet om digital portefølje realiseres, må det gjøres et utviklingsarbeid i å finne et standard-filformat som alt kan lagres i.

9 Refleksjoner over eget arbeid

Arbeidet med masteroppgaven har vært meget interessant på mange måter. Hele prosessen fra mai 2005 og fram til levering har vært lærerik. Jeg har fått god innsikt i forskingsmetoder og lært mye om denne formen for arbeid. Gjennom teoridelen fikk jeg satt meg inn i internasjonal litteratur om IKT-bruk. Dette har gjort meg i stand til å vurdere mye av den innsamlede datamengden fra flere perspektiver og se den i sammenheng med hva en vet fra utlandet. I ettertid kunne jeg gjerne ønsket meg enda mer tid til å lese litteratur for å få mer innsikt i hva andre har gjort. Dermed kunne jeg kanskje fått flere ideer til intervju spørsmål og visst om enda flere aktuelle problemer som andre forskere har identifisert.

I klasseromsobservasjonene opplevde jeg mye spennende. Tidligere i masteroppgaven er både fordeler og ulemper med undervisningen beskrevet og drøftet (kapittel 6 og 7). Gjennom intervjuer, muntlige samtaler og ved opphold i klasserommet har jeg lært mye om hvordan CAS-programmer kan integreres. For min egen del har dette ført til at jeg helt sikkert kommer til å ta i bruk IKT når jeg en gang skal begynne å undervise. Nå vet jeg mer om både styrker og svakheter ved slik undervisning. Ved å få lov til å være en flue på veggen i åtte uker er min tro på at datamaskiner virkelig kan øke forståelsen, blitt styrket.

Det som gledet meg mest under observasjonen var å se hvordan elevene tok i bruk datamaskinen som om det skulle være et helt naturlig verktøy i matematikk. I tillegg opplevde jeg mindre tastetrykking enn forventet. Den største skuffelsen ligger i oppgaveutvalget. Her ser undertegnede et stort vekstpotensial.

Mange av forventningene jeg skisserte i prosjektbeskrivelsen (se vedlegg 1) i august 2005 ser ut til å ha slått til. Dette må en vel se på som både positivt og negativt. Kanskje har jeg ikke avdekket så mye nytt som jeg hadde håpet på. Samtidig er det muligens en styrke at en del av forventningen slo til. Det viser at prosjektplanen var god og at jeg visste litt om hva som ventet under observasjonene og intervjuene.

Fremdriften i prosjektet er jeg meget godt fornøyd med. Tidsrammene som ble satt er overholdt. Det skyldes i stor grad god planlegging og en god prosjektplan. Selvfølgelig kan en alltid ønske seg mer tid for å kunne gå enda dypere i materialet, men med de rammene som en masteroppgave ligger innenfor føler jeg at tiden er bra utnyttet.

Veiledningssamtalene opplevde jeg som svært lærerike. Det var nyttig å få noen med stor kompetanse til å gi tilbakemeldinger og kommentarer. Da kunne jeg hele veien arbeide med materialet og stadig gjøre forbedringer.

Dersom det var mulig å gjøre dette arbeidet på nytt ville jeg gjort noen mindre justeringer. Utvikling av egne oppgaver skissert i kapittel 7.4.1 kunne jeg godt ha tenkt meg å testet ut i intervjuene med elevene for å ha sett hvordan elevene hadde taklet å få oppgaver som var annerledes enn de boka presenterte. Da kunne jeg sett om mine teorier om mer fokus på modellering ville fremmet læring og forståelse.

Dessuten burde jeg kanskje vært litt "tøffere" mot lærerne i intervjuene og utfordret dem til å komme med egne meninger og ikke la de dekke seg bak læreplanen når de snakket om sin egen undervisning. Der tror jeg det ligger noen meninger som ikke er kommet helt til overflaten.

I ettertid ser jeg at selve kodeutviklingen kunne vært gjort annerledes. Jeg tok utgangspunkt i anbefalinger fra både veileder, faglitteratur og andre involverte. I internasjonal forskning bruker en ofte å være flere som koder. Dessverre rådet jeg ikke over ressurser som gjorde dette mulig. Jeg tror likevel ikke at selve oppgaven har tatt noe skade av dette, men det kunne ha vært en styrke at flere hadde studert hele datamaterialet sammen med meg.

Til slutt vil jeg si litt om hva jeg mener lærerne bør satse enda mer på i undervisningen. Det er utvikling av begrepskunnskap (Hiebert & Lefevre, 1986). Etter å ha jobbet med dette prosjektet i et år sitter jeg igjen med et inntrykk av at en i enda større grad må streve etter å få flere elever til å vektlegge dette fremfor å kun få rette løsninger på en mengde oppgaver. Begrepskunnskap er ut fra definisjonen (se kapittel 3.1.2) mer robust og anvendbar enn prosedyrekunnskap. Derfor mener jeg at det er denne formen for kunnskap en bør søke å oppnå. For å nå et slikt mål tror jeg at flere faktorer er avgjørende. Presentasjon av nye matematiske begreper bør foregå ved å bruke flere representasjonsformer slik at elevene kan få flere tilnærminger til den nye kunnskapen. Oppgavene må forandres en del på. Jeg tror det kan være nyttig å legge mer vekt på modellering og problemløsning når en har fått tilgang til et kraftig verktøy som TI og Derive. For å få til denne forandringen kreves det ikke bare nye lærebøker, men eksamensoppgavene må også endres litt da disse har innvirkning på lærerens undervisning.

Jeg tror det er en stund til en slik forandring kommer, men jeg synes det er flott at både MVGS og FVGS alt har tatt i bruk avanserte verktøy og dermed kanskje avslører behovet for en endring. I tillegg vet jeg etter samtaler med lærere ved Vennesla videregående skole og ved flere videregående skoler i Bergensdistriktet, at de vurderer å erstatte sine alfanumeriske kalkulatorer med symbolbehandlende verktøy. Med økt bruk vil det muligens bli nødvendig med en videreutvikling av nye undervisningsmodeller og nye oppgaver.

10 Litteraturliste

- Artigue, M. (2000). Instrumentation issues and the integration of computer technologies into secondary mathematics teaching. *Proceedings of the Annual Meeting of the GDM* Retrieved 26.01, 2006, from http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/e/gdm/2000/artigue_2000.pdf
- Ary, D., Jacobs, L., & A., R. (1996). *The Research Problem, Qualitative an Historical Research* (5 ed.). Harcourt Brace College: Fort Worth.
- Blomhøj, M. (2003). Læringsvilkår i datamaskinbasert matematikkundervisning. In B. Grevholm (Ed.), *Matematikk for skolen* (pp. 103 - 139). Bergen: Fagbokforlaget.
- Breiteg, T., & Fuglestad, A. B. (2001). *Data i matematikken*. Oslo: H. Aschehoug & Co.
- Buchberger, B. (1989). Should Students Learn Integration Rules? In *Risc-Linz Series* (89-07.0 ed.). Linz: University of Linz.
- Clements, D., & Battista, M. (1992). Geometry and Spatial Thinking. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning : a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 420 - 465). New York: Macmillan.
- Deaney, R., Ruthven, K., & Hennessy, S. (2003). Pupil perspectives on the contribution of information and communication technology to teaching and learning in the secondary school. *Research Papers in Education*, 18(2), 141 - 165.
- Dickson, L., Brown, M., & Gibson, O. (1995). *Spatial Thinking. Children Learning Mathematics. A teacher's Guide to Recent Research*. London: Cassell.
- Drijvers, P. (2000). Students Encountering Obstacles Using a CAS. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5, 189 - 209.
- Dörfler, W. (1993). Computer use and Views of the Mind. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from Computers: Mathematics Education and Technology* (pp. 159 - 186). Berlin: Springer.
- Erstad, O., Kløvstad, V., Kristiansen, T., & Sjøby, M. (2005). *ITU Monitor 2005*. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Flick, U. (2002). *An Introduction to Qualitative Research* (2 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Fuglestad, A. B. (2004). *ICT tools and students' competence development*. Paper presented at the Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- Fuglestad, A. B. (2005). Digitale hjelpemidler i matematikk. Hva sier læreplanen – hva gjør vi? Retrieved 31.01, 2006, from http://www.skolenettet.no/nyUpload/Moduler/IKT-i-skolen/Filer/IKTogMatem_ABF.ppt
- Goos, M., Galbraith, P., Renshaw, P., & Geiger, V. (2003). Perspectives on the technology mediated learning in secondary school mathematics classrooms. *Journal of Mathematical Behaviour*, 22, 73 - 89.
- Guin, D., & Trouche, L. (1999). The complex process of converting tools into mathematical instruments. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3, 195 - 227.
- Harrison, C., Comber, C., Fisher, T., Haw, K., Lewin, C., Lunzer, E., et al. (2003). *ImpaCT2 - The Impact of Information and Communication Technologies on Pupil Learning and Attainment*. Retrieved 10.02, 2006, from <http://www.becta.org.uk/research/research.cfm?section=1&id=539>
- Hennessy, S., Ruthven, K., & Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change. *Journal of Curriculum Studies*, 37(2), 155 - 192.

-
- Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and Procedural Knowledge in Mathematics: An Introductory Analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and Procedural Knowledge: The Case of Mathematics* (pp. 1 - 23). London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Hoyles, C., Noss, R., & Kent, P. (2004). On the integration of digital technologies into mathematics classrooms. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 309 - 326.
- Hudson, B., & Borba, M. (1996). *The role of technology in the mathematics classroom*. Paper presented at the International Congress on Mathematics Education (ICME 8), Seville.
- Hundeide, K. (1977). *Piaget i kritisk lys*. Oslo: Cappelen.
- Imsen, G. (2001). *Elevers Verden* (3 ed.). Oslo: Universitetsforlaget.
- ITU. (2006). Forsknings- og kompetansenettverk for IT i utdanning. Retrieved 18.03, 2006, from http://www.itu.no/ITU/index_html
- Johnsen Høines, M. (1987). *Begynneropplæringen : fagdidaktikk for mattematikk-undervisningen 1.-6. klasse* Rådal: Caspar Forlag.
- Johnston-Wilder, S., & Pimm, D. (2005). *Teaching Secondary Mathematics with ICT*. Berkshire: Open University Press.
- Kaput, J., Noss, R., & Hoyles, C. (2002). Developing New Notations for a Learnable Mathematics in the Computational Era. In L. D. English (Ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (pp. 51 - 75). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Kilpatrick, J., & Davis, R. B. (1993). Computers and Curriculum Change in Mathematics. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from Computers: Mathematical Education and Technology* (pp. 203 - 221): Springer.
- Kirke-, & undervisningsdepartementet. (1987). *Mønsterplan for grunnskolen*. Oslo: H. Aschehoug & Co.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., Roe, A., & Turmo, A. (2004). PISA 2003 med få ord. Retrieved 01.03, 2006, from http://www.pisa.no/pdf/kortrapport_2003.pdf
- Kløvstad, V., & Kristiansen, T. (2004). *ITU Monitor 2003*. Oslo: Forsknings- og kompetansenettverk for IT i utdanning.
- Kvale, S. (2005). *Det kvalitative forskningsintervju* (Vol. 7). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Laborde. (2001). Integration of technology in the design of geometry tasks with cabrigeometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283 - 317.
- Lagrange, J. B. (1999). Complex calculators in the classroom: Theoretical and practical reflections on teaching pre-calculus. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 4, 51 - 81.
- Lampert, M. (1990). When the problem is not the question, and the solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27, 29 - 63.
- Mariotti, M. A. (2001). Justifying and proving in the Cabri environment. *Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6, 257 - 281.
- Matematikksenteret. (2006). Veiledning til læreplanen i matematikk i Kunnskapsløftet 2006. Retrieved 11.04, 2006, from <http://www.matematikksenteret.no/maler/artikkel.jsp?thisId=635&print=1>
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization of the classroom*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mellin-Olsen, S. (1989). *Kunnskapsformidling*. Rådal: Caspar Forlag.
- Mertens, D. M. (1998). *Research methods in education and psychology*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
-

-
- Monaghan, J. (2004). Teachers' activities in technology-based mathematics lessons. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 327 - 357.
- Monaghan, J. (2005). Thinking Algebraically: Manipulative Algebra In S. Johnston-Wilder & D. Pimm (Eds.), *Teaching Secondary Mathematics with ICT* (pp. 62 - 79). Berkshire: Open University Press.
- Niss, M. (2002). Kompetencer og matematikl ring. Retrieved 20.01, 2006, from <http://pub.uvm.dk/2002/kom/index.html>
- Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on Mathematical Meanings - Learning Cultures and Computers*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Oldknow, A. (2004). Integrated – and Interactive – Mathematics Software. Retrieved 15.01, 2006, from <http://www.atm.org.uk/reviews/software/TIInteractiveReviewATM.pdf>
- Oldknow, A. (2005). "Mathsalive": lessons from twenty year 7 classroom. In S. Johnston-Wilder & D. Pimm (Eds.), *Teaching Secondary Mathematics with ICT* (pp. 174 -189). Berkshire: Open University Press.
- Oldknow, A., & Taylor, R. (2000). *Teaching Mathematics with ICT*. London: Continuum.
- Phillips, D. C., & Soltis, J. F. (2000). *L ring - Teorier og Prinsipper for L ring*. Oslo: Abstrakt Forlag AS.
- Pierce, A. (1999). Using CAS as scaffolding for Calculus: Some observations. In W. Spunde, P. Cretchely & R. Hubbard (Eds.), *The challenge of Diversity: Proceedings of the Delta 99 Symposium on Undergraduate Mathematics* (pp. 172 - 176). Brisbane: Delta 99 Committee.
- Pierce, R., & Stacey, K. (2004). A Framework for monitoring progress and planning teaching towards the effective use of computer algebra systems. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 59 - 93.
- Povey, H., & Ransom, M. (2000). Some undergraduate students' perceptions of using technology for mathematics: Tales of resistance. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5, 47 - 63.
- Ruthven, K. (2005). Peripheral vision: Embedding new technologies in complex ongoing practices of school mathematics education (pp. 12 - 21): University of Cambridge.
- Ruthven, K., Hennessy, S., & Brindley, S. (2004). Teacher representations of the successful use of computerbased tools and resources in secondary-school English, mathematics and science. *Teaching and Teacher Education*, 20, 259 - 275.
- Sandvold, K. E.,  grim, S., Flakstad, H., Gravem, B., Jasper, P., & Nordseth, T. (2003). *Matematikk 1M* (2 ed. Vol. 2). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Sandvold, K. E.,  grim, S., Flakstad, H., Gravem, B., Jasper, P., & Nordseth, T. (2004). *Matematikk 2MX* (1 ed. Vol. 2). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Saxe, G. B. (1991). *Culture and Cognitive Development: Studies in Mathematical Understanding*. Hillsdale NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- Selwyn, N. (1999). Why the computer is not dominating schools: a failure of policy or a failure of practice? *Cambridge Journal of Education*, 29(1), 77 - 91.
- Sinclair, N., & Jackiw, N. (2005). Understanding and projecting ICT trends in mathematics education. In S. Johnston-Wilder & D. Pimm (Eds.), *Teaching Secondary Mathematics with ICT* (pp. 235 - 255). Berkshire: Open University Press.
- Skemp, R. R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20- 26.
- Skemp, R. R. (1979). Goals of Learning and Qualities of Understanding. *Mathematics Teaching*, 88, 44 - 49.
- Solvang, R. (1992). *Matematikkdidaktikk* (2 ed.). Oslo: NKI-Forlaget.
-

-
- Säljö, R. (2002). Læring, kunnskap og sosiokulturell utvikling: mennesket og dets redskaper. In I. Bråten (Ed.), *Læring : i sosialt, kognitivt og sosialt-kognitivt perspektiv*. Oslo: Cappelen akademisk forlag.
- Thomas, M., Tyrell, J., & Bulloch, J. (1996). Using Computers in the Mathematics Classroom: The Role of the Teacher. *Mathematics Education Research Journal*, 8(1), 38 - 57.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281 - 307.
- Utdanningsdirektoratet. (2006a). Kunnskapsløftet. Retrieved 19.01, 2006, from <http://skolenettet.no/nyUpload/Lareplan/fastsatt/pulje1/IM1037-Kunnskapsloeftet.pdf>
- Utdanningsdirektoratet. (2006b). Læreplanverket for videregående opplæring (R94). Retrieved 19.01, 2006, from http://www.utdanningsdirektoratet.no/templates/udir/TM_Artikkel.aspx?id=1120#Allmenne,%20%C3%B8konomiske%20og%20administrative%20fag

Vedleggsoversikt

- 1 Prosjektbeskrivelse
- 2 Oversikt over innspillinger ved FVGS
- 3 Oversikt over innspillinger ved MVGS
- 4 Intervjuguide 1: Intervju med elever fra 1m-FVGS og 2mx-MVGS
- 5 Intervjuguide 1: Intervju med elever fra 2mx-FVGS og 3mx-MVGS
- 6 Intervjuguide 2: Intervju med elevene etter timene
- 7 Intervjuguide 1: Intervju med lærerne
- 8 Intervjuguide 2: Intervju med lærerne etter timene
- 9 Transkripsjonsmal: Minioversikt
- 10 Transkripsjonsmal: Første intervjurunde og lærerintervjuer
- 11 Transkripsjonsmal: Utdrag og intervjuer
- 12 Transkripsjonsmal: Utdrag og intervjuer
- 13 Transkripsjonsnøkler
- 14 Koder med forklaringer

Vedlegg 1

Hovedtittel: IKT som læringsverktøy i matematikk

Undertittel: En studie av lærer- og elevrollen ved bruk av TI Interactive (og andre programmer) i 4 matematikklasser i videregående skole.

Mastergradsstudent:	Odd Erik Rossevatn	oeross00@student.hia.no
Veileder:	Anne Berit Fuglestad	anne.b.fuglestad@hia.no

Temabeskrivelse, mål og problemstilling

Temaet for oppgaven er en studie i hvordan aktiv bruk av IKT påvirker og forandrer læringsmiljøet i matematikk. Jeg er særlig interessert i å se hvordan TI Interactive fungerer i undervisningssammenheng. TI Interactive er utviklet av Texas Instruments og er en PC-versjon av deres grafiske kalkulator. Programmet åpner også opp for å skrive matematisk tekst. Det kan dermed erstatte kladdeboken.

Det er gjort en god del forskning på IKT i skolesammenheng. Mye av den er spesifikk. En undersøker hvordan et program brukes i en helt spesiell undervisningssituasjon. Jeg har så langt funnet lite arbeid der en ser på hvordan IKT kan brukes i det ”vanlige” klasserommet. Derfor vil jeg se på den normale undervisningssituasjonen. Et unntak som bør nevnes er Morten Blomhøjs (2003) studie av hvordan elever i videregående skole brukte IKT i matematikkundervisningen.

Jeg har fått tilgang til fire matematikkklasser på to videregående skoler i fylket. Klassene er spredt over alle tre trinnene. Begge disse skolene satser sterkt på bruk av teknologi i undervisningen. De bruker matematikkprogrammer i alle ledd av undervisningen. Bruk av penn og papir er på et minimum. En forventer at elevene skal bruke PCen som primærverktøy.

Lærer

Et av momentene som jeg vil studere nærmere er hvordan lærerens rolle kan bli påvirket når en tar i bruk IKT. Han må kanskje gjøre nye didaktiske overveielser når han på best mulig måte skal få til en god undervisning ved bruk av ny teknologi. Flere undersøkelser tyder på at lærernes holdninger og motivasjon for å ta i bruk IKT er avgjørende for at det skal bli en suksess (Thomas, Tyrell & Bulloch, 1996). Mange lærere mener at IKT ikke forandrer klasseromskulturen. Likevel viser forskningen at en ikke må se på IKT som et nøytralt verktøy.

Dersom integreringen skal gå bra, er lærernes kompetanse viktig. De må beherske det verktøyet de tar i bruk i undervisningen slik at de kan hjelpe elevene når de møter problemer. Dette tar tid. Blant annet viser MathsAlive prosjektet dette (Oldknow, 2005). Nyere forskning viser at lærere ikke tar i bruk IKT av frykt for mangel på kunnskap (Hennessey, Ruthven, & Brindley, 2005)

Når IKT brukes aktivt, blir hele undervisningssituasjonen endret. En må tenke nøye igjennom hvordan en vil legge fram materialet, hvilke oppgaver en velger, hvordan klasserommet organiseres og hvordan programmet kommuniserer slik at elevenes interaksjon med maskinen

gir økt matematisk forståelse. Boken *Teaching Mathematics with ICT* angir en rekke momenter som lærere bør merke seg når de planlegger, gjennomfører og evaluerer økter der PCen har en sentral rolle (Oldknow & Taylor, 2000).

Elev

Jeg vil forsøke å finne ut hvordan elevene lærer med bruk av IKT. Tilfører bruken av IKT egentlig noe nytt? Det har blitt hevdet at vi i stor grad bare bruker IKT som en forsterker der vi effektiviserer allerede kjente algoritmer (Dörfler, 1993). Flere andre undersøkelser går i samme retning. Likevel åpner IKT opp for mange forbedringer også. Bruk av PCen åpner opp for mer kommunikasjon mellom elevene og lærerne. En kan fokusere på utforskende oppgaver og på den måten stimulere til ny læring.

Blomhøj (2003) analyserte rollen avanserte IKT-programmer spilte for utvalgte elevers arbeid i matematikk på videregående skole. Han beskrev tre elevtyper sitt syn på arbeidet med IKT og matematikk.

4. Den defensive elevvirksomheten
5. Den løsningsorienterte eleven
6. Den reflekterende elevvirksomheten

Blomhøj (2003) advarer blant annet mot instrumentell kunnskap. IKT kan føre til at elevene blir flinke tastetrykkere uten at de tilegner seg vesentlig matematisk kunnskap. En av skolene jeg skal besøke er svært opptatt av denne problematikken.

Hvordan IKT-programmet er tilpasset elevene har avgjørende betydning. Læringsterskelen må være overkommelig og programmet må kunne gi tilbakemeldinger som elevene kan vurdere og forstå. Blant annet viser forskningen til Blomhøj (2003) og arbeidet til Hoyles, Noss og Kent (2004) at programmenes samhandling med elevene er med på å forme elevenes matematiske kunnskap.

Problemstilling:

- **Hvilke pedagogiske overveielser må læreren gjøre når han bruker IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer) som verktøy i læringsprosessen?**
Med pedagogiske overveielser i læringsprosessen mener jeg: Hvordan kan lærestoffet presenteres? Hvilke oppgaver og problemformuleringer skal en velge? Hvordan unngå en instruksjonspreget undervisningssituasjon? Hvordan legge til rette for kommunikasjon, interaktivitet, utforskning, evaluering og veiledning?
- **Hvordan lærer elevene matematikk ved hjelp av IKT-programmet TI Interactive (og ev. andre programmer)?**
Med dette mener jeg at en kan lete etter Blomhøjs tre elevtyper. Er det slik at IKT bidrar til instrumentell læring, eller bidrar den til at elevene nå kan bruke mer tid på forståelse og mindre tid på kun prosedyreregning av mange like oppgaver? Føler elevene at matematikken blir lettere å forstå når en tar i bruk IKT, eller er det bare enda et hinder? Hvilke typer oppgaver kan en lage som stimulerer til læring?

Forventninger

Så tidlig i prosessen er det vanskelig å komme med veldig klare påstander om hva en forventer å finne. Likevel tror jeg at noen elever vil være svært positive til IKT-programmet, og se på det som et nyttig instrument, mens andre opplever at bruk av datamaskinen slett ikke

bidrar til forståelse av matematikken. Dette tror jeg er avhengig av hvor flinke de er til å håndtere selve IKT-programmet.

Det blir også svært interessant å se på hvordan lærerne planlegger sine timer. Forhåpentligvis kommer det fram noen gode tips til hvordan en kan ta i bruk IKT på en effektiv og fornuftig måte.

Jeg frykter at Dröfler (1993) kan ha litt rett i at vi bare effektiviserer prosessene og ikke tilfører alt for mye nytt. Jeg er også litt redd for at en ikke har tatt nok høyde for at IKT skal skape forståelse og ikke bare bidra til å produsere flinke tastetrykkere. Jeg forventer å finne andre typer oppgaver som elevene jobber med enn de som ble brukt da jeg gikk på videregående skole (1996 til 1999).

Metoder

Jeg kommer til å bruke flere metoder. Intervju vil bli brukt. Alle faglærerne vil bli intervjuet, i tillegg vil jeg intervju tre elever i hver klasse. Disse elevene vil jeg prøve å følge litt nøye i observasjonene også. Elevene skal ha varierende kunnskapsnivå. Utvikling av intervjuguiden er et viktig moment. Til denne har jeg laget en egen modell som veileder Anne Berit Fuglestad har studert og gitt sin tilslutning til. Modellen er laget etter inspirasjon av en metode beskrevet av Kvale (2005).

Klasseromsobservasjoner blir også brukt. Jeg vil vurdere å bruke videokamera for å observere utvalgte elever og lærere. Dette materialet kan muligens fungere som støtte i intervjuene.

Bruk av innsamlede datafiler tror jeg også kan bli viktig. I et intervju kan det for eksempel bli aktuelt å be elever forklare hvordan de arbeidet med en oppgave. Da vil også en studie av datafilen kunne gi relevant informasjon.

Det kan også bli aktuelt å bruke spørreskjema.

Disposisjon

Jeg tenker å dele oppgaven inn i følgende hovedkapitler:

1. Innledning
2. Problemstilling
3. Teoretisk oversikt
4. Metoder brukt i oppgaven
5. Analyse av datamaterialet
6. Diskusjon
7. Konklusjon
8. Implikasjoner
9. Egne vurderinger og refleksjon over arbeidet

Det er aktuelt å dele inn kapitlene i egne delkapitler, men en så detaljert oversikt har jeg ikke klar enda.

Fremdriftsplan

Måned	Hva skjer
september	<ul style="list-style-type: none">• Prosjektbeskrivelse• Litteraturstudie• Utvikling av intervjuguide• Datainnsamling
oktober	<ul style="list-style-type: none">• Datainnsamling• Transkribering• Analysering• Videreutvikling av intervjuguide
november	<ul style="list-style-type: none">• Datainnsamling• Transkribering• Analysering• Videreutvikling av intervjuguide
desember	<ul style="list-style-type: none">• Transkribering• Analysering• Oppgaveskriving
januar	<ul style="list-style-type: none">• (Datainnsamling visst nødvendig)• Oppgaveskriving
februar	<ul style="list-style-type: none">• Oppgaveskriving
mars	<ul style="list-style-type: none">• Oppgaveskriving• Korrekturlesing
april	<ul style="list-style-type: none">• Oppgaveskriving• Korrekturlesing

Litteraturliste

- Blomhøj, M. (2003). Læringsvilkår i datamaskinbasert matematikkundervisning. In B. Grevholm (Ed.), *Matematikk for skolen* (pp. 103 - 139). Bergen: Fagbokforlaget.
- Dörfler, W. (1993). Computer use and Views of the Mind. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from Computers: Mathematics Education and Technology* (pp. 159 - 186). Berlin: Springer.
- Hennessey, S., Ruthven, K., & Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change. *Journal of Curriculum Studies*, 37(2), 155 - 192.
- Hoyles, C., Noss, R., & Kent, P. (2004). On the integration of digital technologies into mathematics classrooms. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 309 - 326.
- Kvale, S. (2005). *Det kvalitative forskningsintervju* (Vol. 7). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Oldknow, A. (2005). "Mathsalive": lessons from twenty year 7 classroom. In S. Johnston-Wilder & D. Pimm (Eds.), *Teaching Secondary Mathematics with ICT* (pp. 174 -189). Berkshire: Open University Press.
- Oldknow, A., & Taylor, R. (2000). *Teaching Mathematics with ICT*. London: Continuum.
- Thomas, M., Tyrell, J., & Bulloch, J. (1996). Using Computers in the Mathematics Classroom: The Role of the Teacher. *Mathematics Education Research Journal*, 8(1), 38 - 57.

Vedlegg 2

Oversikt over innspillinger ved FVGS

Type	Klasse	Uke	dato	Transkribert
Observasjon	2mx	41	10.10.05	Datareduksjon
Intervju	Gro	41	10.10.05	Fulltekst
Intervju	Ane	41	11.10.05	Datareduksjon
Intervju	Ole	41	11.10.05	Datareduksjon
Intervju	Eli	41	11.10.05	Datareduksjon
Intervju	Sue	41	11.10.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	41	12.10.05	Datareduksjon
Observasjon	1m Ole	41	13.10.05	Uinteressant
Observasjon	1m Berit	41	13.10.05	Fulltekst
Intervju	Erik	41	13.10.05	Datareduksjon
Intervju	Hans	41	13.10.05	Datareduksjon
Intervju	Chris	41	13.10.05	Datareduksjon
Intervju	Berit	41	14.10.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	43	24.10.05	Datareduksjon
Observasjon	1m Berit	43	24.10.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	43	25.10.05	Datareduksjon
Intervju	Berit	43	25.10.05	Datareduksjon
Intervju	Åsa	43	25.10.05	Datareduksjon
Intervju	Erik	43	25.10.05	Uinteressant (finnes på samme opptak som 2mx 251005)
Intervju	Sue	43	25.10.05	Datareduksjon
Intervju	Gro	43	26.10.05	Datareduksjon
Intervju	Eli	43	26.10.05	Datareduksjon
Intervju	Hans	43	26.10.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	43	26.10.05	Datareduksjon
Intervju	Chris	43	28.10.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	44	31.10.05	Datareduksjon og nesten fulltekst
Observasjon	1m Ole	44	31.10.05	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også to oppgaveløsninger med Kaia på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført

				datareduksjon på.
Observasjon	2mx	44	01.11.05	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også oppgaveløsning med en elev på samme fil. Løsningen er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Intervju	Gro	44	31.10.05	Datareduksjon
Intervju	Ole	44	01.11.05	Datareduksjon
Intervju	Åsa	44	01.11.05	Datareduksjon
Intervju	Sue	44	02.11.05	Datareduksjon
Intervju	Eli	44	02.11.05	Datareduksjon
Intervju	Vilde	44	02.11.05	Datareduksjon
Intervju	Chris	44	03.11.05	Datareduksjon
Intervju	Hans	44	03.11.05	Datareduksjon
Observasjon	1m Berit	44	03:11.05	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Intervju	Berit	44	04.11.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	46	14.11.05	Datareduksjon, noe transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Intervju	Gro	46	14.11.05	Datareduksjon
Observasjon	2mx	46	15.10.05	Datareduksjon
Intervju	Sue	46	15.11.05	Transkribert fulltekst

Intervju	Chris	46	16.11.05	Transkribert fulltekst
Intervju	Åsa	46	16.11.05	Datareduksjon
Intervju	Eli	46	16.11.05	Datareduksjon
Observasjon	Im Ane	46	17.11.05	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Intervju	Vilde	46	16.11.05	Datareduksjon
Intervju	Ane	46	16.11.05	Datareduksjon

Vedlegg 3

Oversikt over innspillinger ved MVGS

Type	Klasse	Uke	dato	Transkribert
Observasjon	3mx	42	191005	Datareduksjon
Observasjon	2mx	42	191005	Datareduksjon
Intervju	Geir	42	191005	Datareduksjon
Intervju	Stian	42	191005	Datareduksjon
Intervju	Stine	42	201005	Datareduksjon
Intervju	Roy	42	201005	Datareduksjon
Intervju	Odd	42	201005	Datareduksjon
Observasjon	3mx	45	071105	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Observasjon	2mx	45	071105	Datareduksjon
Intervju	Roy	45	071005	Datareduksjon
Intervju	Caro	45	081005	Datareduksjon
Intervju	Are	45	081005	Datareduksjon
Intervju	Ståle	45	081005	Datareduksjon
Intervju	Stian	45	081005	Datareduksjon
Intervju	Odd	45	081005	Datareduksjon
Intervju	Signe	45	101005	Datareduksjon
Observasjon	3mx	45	081105	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Observasjon	2mx	45	091105	Datareduksjon, ingenting transkribert.

				Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Observasjon	3mx	45	091105	Datareduksjon
Observasjon	3mx	47	211105	Datareduksjon, ingenting transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Observasjon	2mx	47	211105	Datareduksjon
Intervju	Roy	47	211105	Datareduksjon
Intervju	Geir	47	211105	Datareduksjon
Observasjon	3mx	47	221105	Datareduksjon, noe transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Intervju	Ståle	47	221105	Datareduksjon
Intervju	Are	47	221105	Datareduksjon
Intervju	Caro	47	221105	Datareduksjon
Intervju	Stian	47	221105	Datareduksjon
Intervju	Odd	47	221105	Datareduksjon
Observasjon	3mx	47	231105	Datareduksjon, noe transkribert. Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og

				utført datareduksjon på.
Observasjon	2mx	47	231105	Datareduksjon
Observasjon	3mx	48	281105	Datareduksjon Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Observasjon	2mx	48	281105	Datareduksjon Finnes også oppgaveløsninger med elever på samme fil. Løsningene er lagret på egen fil og utført datareduksjon på.
Intervju	Caro	47	281105	Transkribert fulltekst.

Vedlegg 4

Intervjuguide 1: Intervju med elever fra 1m-FVGS og 2mx-MVGS

Motivasjon

- Synes du matematikk er et artig fag å jobbe med?
- Hvilke områder i matematikk interesserer deg mest?
- Kommer du til å ta mer matematikk etter dette kurset?
- Gjør IKT det mer interessant å jobbe med matematikk? Hvorfor?

Erfaringer med IKT

- Hva bruker du IKT til i skoletida?
- Hva bruker du IKT til utenom skoletida?

Erfaringer med bruk av IKT i matematikk

- Hva liker du med programmet skolen har tatt i bruk?
- Hva liker du ikke med programmet skolen har tatt i bruk?
- Liker du programmet bedre nå enn første gang du tok det i bruk? Hvorfor?
- Hvordan lærte du deg dette programmet?
- Gjør programmet matematikken lettere å forstå? Begrunn svaret ditt og forklar hvorfor du mener dette.
- Føler du at du må tenke mer eller mindre nå som du har IKT tilgjengelig? Begrunn svaret ditt.
- Hvordan har måten du nå arbeider med matematikk forandret seg fra da du brukte kladdebok og kalkulator?
- Hvordan har oppgavene du jobber med forandret seg etter at du tok i bruk IKT?

Anvendelse av IKT-programmet i timene

- Kan du forklare hvordan du jobber når du bruker IKT til å gjøre en oppgave?
- Gjør du nå alt arbeidet ditt ved hjelp av IKT eller bruker du en kombinasjon av IKT og papir?
 - Hvis ja, hva gjør du på PC og hva gjør du på papir?
- Hva liker du best, å arbeide alene eller å samarbeide om oppgavene? Begrunn svaret.
 - Dersom samarbeid: Hvordan jobber dere da?
 - Gjør dere det samme på hver deres PC eller jobber dere på en maskin? (hjelpespørsmål)
- Opplever du noen ganger at programmet ikke er til nytte når du skal løse oppgaver?
 - Skjer dette ofte?
 - Kan du fortelle om en gang du opplevde dette?
 - Hva gjorde du da?
- Hvordan liker du at datamaskinen bare gir deg svaret uten at du må utføre noen form for mellomregning?
(Forventer at de fleste liker det, men vil gjerne se om de ikke bekymrer seg for figurativ læring.)
 - Hvorfor liker du at det er slik?
- Hva mener du er det viktigste lærerne gjør i matematikktimene? Begrunn svaret ditt.

- Hvordan hjelper læreren deg når du ikke får til en oppgave?
 - Forklarer han deg hva du har gjort feil? (hjelpespørsmål)
 - Tar han over PCen og viser deg tastetrykkene? (hjelpespørsmål)

Evaluering

- Hvordan er prøvene lagt opp når du har tilgang til IKT?
- Hvorfor liker du (ikke) denne typen prøver bedre enn prøver uten IKT?
- Hvordan gir du tilbakemeldinger til læreren?
- Hva gir du tilbakemeldinger om?
- Hvordan får du hjelp til det du gir tilbakemeldinger til læreren om?

Vedlegg 5

Intervjuguide 1: Intervju med elever fra 2mx-FVGS og 3mx-MVGS

Motivasjon

- Hvorfor har du valgt å ta mer matematikk?
- Hvilke områder i matematikk interesserer deg mest?
- Gjør IKT det mer interessant å jobbe med matematikk? Hvorfor?

Erfaringer med IKT

- Hva bruker du IKT til i skoletida?
- Hva bruker du IKT til utenom skoletida?

Erfaringer med bruk av IKT i matematikk

- Du har nå brukt IKT i matematikkundervisningen i over ett år. Hva tenkte du første gangen du fikk beskjed om at dere kom til å bruke IKT aktivt i matematikkundervisningen?
- Hva liker du med programmet skolen har tatt i bruk?
- Hva liker du ikke med programmet skolen har tatt i bruk?
- Liker du programmet bedre nå enn første gang du tok det i bruk? Hvorfor?
- Hvordan lærte du deg dette programmet?
- Gjør programmet matematikken lettere å forstå? Begrunn svaret ditt og forklar hvorfor du mener dette.
- Føler du at du må tenke mer eller mindre nå som du har IKT tilgjengelig? Begrunn svaret ditt.
- Hvordan har måten du nå arbeider med matematikk forandret seg fra da du brukte kladdebok og kalkulator?
- Hvordan har oppgavene du jobber med forandret seg etter at du tok i bruk IKT?

Anvendelse av IKT-programmet i timene

- Kan du forklare hvordan du jobber når du bruker IKT til å gjøre en oppgave?
- Gjør du nå alt arbeidet ditt ved hjelp av IKT eller bruker du en kombinasjon av IKT og papir?
 - Hvis ja, hva gjør du på PC og hva gjør du på papir?
- Hva liker du best, å arbeide alene eller å samarbeide om oppgavene? Begrunn svaret.
 - Dersom samarbeid: Hvordan jobber dere da?
 - Gjør dere det samme på hver deres PC eller jobber dere på en maskin? (hjelpespørsmål)
- Opplever du noen ganger at programmet ikke er til nytte når du skal løse oppgaver?
 - Skjer dette ofte?
 - Kan du fortelle om en gang du opplevde dette?
 - Hva gjorde du da?
- Hvordan liker du at datamaskinen bare gir deg svaret uten at du må utføre noen form for mellomregning?
(Forventer at de fleste liker det, men vil gjerne se om de ikke bekymrer seg for figurativ læring.)

- Hvorfor liker du at det er slik?
- Hva mener du er det viktigste lærerne gjør i matematikktimene? Begrunn svaret ditt.
- Hvordan hjelper læreren deg når du ikke får til en oppgave?
 - Forklarer han deg hva du har gjort feil? (hjelpespørsmål)
 - Tar han over PCen og viser deg tastetrykkene? (hjelpespørsmål)

Evaluering

- Hvordan er prøvene lagt opp når du har tilgang til IKT?
- Hvorfor liker du (ikke) denne typen prøver bedre enn prøver uten IKT?
- Hvordan gir du tilbakemeldinger til læreren?
- Hva gir du tilbakemeldinger om?
- Hvordan får du hjelp til det du gir tilbakemeldinger til læreren om?

Vedlegg 6

Intervjuguide 2: Intervju med elevene etter timene

- Kan du fortelle kort hva læreren underviste om i timen?
- Hvordan forsøkte du å få med deg det som ble gjennomgått?
 - Noterte du på PCen/skriveblokk?
 - Fikk du filer fra It's learning?
 - Leste du i læreboka?

- Hvilke oppgaver har du jobbet med?
- Hva synes du var lett å forstå?
- Hva var vanskelig å forstå?
- Hva likte du best å jobbe med denne timen? Hvorfor?
- Hva likte du minst? Hvorfor?

- Kan du forklare hvordan du brukte IKT-verktøyet til å løse oppgaver?
- Kan du nevne en oppgave du gjorde i timen der programmet gjorde oppgaven lettere å løse?
- Opplevde du at programmet noen ganger gjorde det vanskeligere for deg å løse oppgaver?
 - På hvilke oppgaver skjedde dette?
 - Hva gjorde du da?
- Kan du forklare meg hvordan du gjorde oppgave XX, bruk gjerne PCen og forklar meg hvordan du gikk fram? (Velger ut en oppgave som jeg vil fokusere litt på.)

- Hvilke oppgaver spurte du læreren om hjelp til?
- Hvordan hjalp læreren deg med disse oppgavene?
 - Forklarte han nøyaktig hva du skulle gjøre?
 - Gav han deg bare hint?
- Hvilke oppgaver samarbeidet du med andre elever om?
 - Hvordan foregikk dette samarbeidet?

Selvfølgelig vil jeg også ta opp ting som jeg observerer i timene og vil undersøke dem nærmere.

Vedlegg 7

Intervjuguide 1: Intervju med lærerne

1. Skolens IKT-satsing i matematikk

- Hvorfor har skolen valgt å bruke IKT i undervisningen?
- Hvordan kom skolen fram til denne beslutningen?
- Hvordan er tilgangen til IKT-utstyr?
- På hvilke måte har skolen tatt i bruk IKT i undervisningen?
- Hvilke fordeler ser du med å ta i bruk IKT?
- Hvilke utfordringer har skolen møtt?
- Hvordan samarbeider lærerne om bruk av IKT i matematikktimene?
- Hvordan har skolen planlagt kompetanseutvikling hos lærerne?

2. Valg av programvare

- Hvilke programvare(r) har du valgt å satse på?
- Hva er begrunnelsen for å velge akkurat dette/disse programmene?
- På hvilken måte mener du at dette/disse programmene fremmer læringen?
- Hvilke ulemper ser du med programmene du har valgt å bruke?
- Hvordan har du lært deg programmene?

3. Erfaringer i bruk av IKT

- Hvor lenge har du anvendt IKT som verktøy i matematikkundervisningen?
- Hva har vært den mest positive erfaringen så langt?
- Hvilke utfordringer/problemer har du støtt på?
- Hvordan ble disse løst?
 - Opplever dere fortsatt problemer av denne typen?
- Dersom du opplevde en forandring i din rolle som lærer når du tok i bruk IKT, kan du fortelle meg litt om den forandringen?
- Hvordan tror du at IKT kan ha forandret elevenes måte for å kommunisere sin matematiske tankegang?
- Forandret elevenes holdninger seg til IKT-programmet i løpet av kurset?
 - Hva skjedde? (Jeg vet at det har skjedd noe her og vil gjerne høre litt mer om det).
- Hvordan opplevde elevene læringsterskelen til programmet?
- Hvordan la du til rette for at elevene skulle lære seg programmet?
- Hvordan sørget du for at de elevene som ikke har PC hjemme kunne arbeide med matematikk utenom undervisningstiden?

4. Planlegging av undervisningsøkter

- Kan du i korte trekk forklare hvordan du går fram når du planlegger en undervisningsøkt?
- Hvordan unngår du at selve programmet blir en hindring for elevene når en skal lære noe nytt i matematikk?
- Hva slags typer oppgaver velger du når du har IKT tilgjengelig?

- Kan det være mer aktuelt å legge vekt på mer utfordrende oppgaver og ikke så mye ”treningsoppgaver”? (Tilleggsspørsmål dersom jeg ikke får noe fornuftig ut av forrige spørsmål.)
- Hvordan planlegger du for å unngå ureflekterte tastetrykk?
- På hvilken måte legges det opp til samarbeid mellom elevene?
- Hvordan gjennomgår du nytt stoff når du bruker IKT?
 - Hvilke fordeler ser du med å bruke IKT til gjennomgang?
- Hvilke krav stiller du til elevenes løsninger?
 - Er det nok med bare svar eller krever du at det redegjøres for tankegangen?
- Hvordan forsøker du å gi tilpasset opplæring når du tar i bruk IKT?
- Bruker du læringsplattform for å legge ut relevant informasjon og holde kontakt med elevene utenom timene?
 - Hvordan fungerer dette?

5. Evaluering

- Hvordan får du som lærer tilbakemelding fra elevene i timene, nevner gjerne et konkret eksempel?
- Hvordan evaluerer du elevenes fremgang etter en time?
- Hvordan lages prøvene når elevene har lov til å bruke IKT?
- Hvordan registreres elevenes fremgang?
- Hvordan gir du tilbakemelding til dine elever, både etter prøver og i løpet av skoleåret?

6. Informasjon om lærerens utdanning og praksis

- Hvilken utdanning har du?
- Har du formell kompetanse i IKT?
- Hvilken fordypning har du i matematikk?
- Hvor mange år har du undervist i matematikk?

Vedlegg 8

Intervjuguide 2: Intervju med lærerne etter timene

- Hva var temaet for undervisningsøkten?
- Hva var læringsmålet for undervisningsøkten?
- Hvilke læringsforutsetninger er det i elevflokket din i dette temaet?
- Hvordan planla du å differensiere undervisningen?
 - Hvordan planla du å ta i bruk IKT i denne sammenhengen?
- Hvor viktig synes du at det er at elevene lærer seg en bestemt teknikk for å kunne løse de matematiske problemene du tok opp i undervisningen? Begrunn svaret ditt.
- I hvilke deler av gjennomgangen planla du å bruke IKT?
 - Hvorfor valgte du å bruke IKT der?
- I hvilke oppgavetyper planla du at elevene skulle bruke IKT?

- Kom elevene med mange innspill under gjennomgåelsen?
 - Hva spurte de om?
 - Hadde du forventet disse innspillene?
 - Fant du ned naturlig å bruke IKT i noen av disse situasjonene? I så fall hvilke?
- Kom elevene med mange innspill under oppgaveløsning?
 - Hva spurte de om?
 - Hadde du forventet disse innspillene?
 - Fant du ned naturlig å bruke IKT i noen av disse situasjonene? I så fall hvilke?

- Noterte du noe i denne timen som du tar med i evalueringen av enkelt elever? I så fall hva noterte du?
- Hvordan vil du oppsummer læringsøkten din? (Nådde du målet: Hvorfor, hvorfor ikke?)

Selvfølgelig vil jeg også ta opp ting som jeg observerer i timene og vil undersøke dem nærmere.

Vedlegg 9

Minioversikt

Tid	Navn	Hva skjer	Egne kommentarer

Vedlegg 10

Mal for første intervjurunde og lærerintervjuer

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt
18			
19			
20			

Vedlegg 11

Utdrag 2mx FVGS 261005

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
1				
2				
3				
4				

Vedlegg 12

Utdrag 2mx FVGS 261005

Nr	Tid	Hvem	Hva blir sagt	Kommentar
37				
38				
39				

Vedlegg 13

Transkripsjonsnøkler

(2)	Pause i replikk i sekund
=	Likhetstegn markerer fortsettelse av replikk, for eksempel
	S1: ja, 23. [september=
	S2: [september
	S1:= det må være
	S2: det er riktig
[
[Hakeparentes mellom to linje angir overlappende replikker, se over
(())	Nonverbal aktivitet, eventuelle kommentarer
((:-D))	Med latter i stemmen
-	Indikerer brå slutt av ord eller lyd
:	Dradd lyd eller bokstav, jo flere kolon, jo lengre lyd
()	Utydelige utsagn/fragment
(gjett)	Transkriptøren si beste gjetting på et utydelig utsagn
<u>Under</u>	Understreking betyder at ordet er lagt spesielt trykk på
CAPS	Utsagnet har et høyere lydnivå enn andre
<i>a n S_n</i>	Bokstaver/uttrykk i kursiv er matematiske uttrykk
Elev	En elev som en ikke vet navnet på uttaler noe
Lær	Lærer
OER	Odd Erik Rossevatn

Vedlegg 14

Koder med forklaringer

Code: "Tastetrykking"
Created: 06.12.05 19:33:54 by Super
Modified: 14.12.05 18:36:57

"Elevene trykker i vei helt ureflektert."

Code: Algebra
Created: 06.12.05 15:14:34 by Super
Modified: 14.12.05 11:10:46

"Er elevene blitt dårligere i algebra etter IKT?
Er det farlig at IKT erstatter noe av den vanskelige algebraen?
Sammenhenger hvor elever jobber med algebra."

Code: Begrepslæring med IKT
Created: 13.12.05 10:19:34 by Super
Modified: 13.12.05 11:43:54

"Bruker IKT til å lære inn nye begreper."

Code: Dialog i gjennomgangen
Created: 13.12.05 11:30:42 by Super
Modified: 13.12.05 12:07:03

"Elev og lærer har en dialog i gjennomgangen. Ikke bare læreren som forklarer."

Code: Differensiering
Created: 06.12.05 14:22:29 by Super
Modified: 13.12.05 13:01:33

"Hvordan differensierer en undervisningen når en har IKT?"

Code: Elev viser på TI
Created: 13.12.05 15:54:40 by Super
Modified: 14.12.05 19:09:22

"Elevene jobber med TI og viser meg hvordan de løser oppgaver."

Code: Evaluering
Created: 06.12.05 19:56:12 by Super
Modified: 13.12.05 13:49:16

"Hvordan evaluerer læreren elevene (prøver)?
Hvordan får læreren tilbakemelding fra elevene?"

Code: Fordel med IKT

Created: 06.12.05 13:48:00 by Super
Modified: 14.12.05 17:30:40

"I hvilke sammenhenger ser elever/lærere på IKT som en stor fordel?"

Code: Forklarer hva en har funnet
Created: 13.12.05 17:38:45 by Super
Modified: 14.12.05 18:48:03

"Elevene bruker IKT til å forklare meg hva de har funnet ut."

Code: Fremme læring
Created: 06.12.05 15:06:21 by Super
Modified: 14.12.05 11:34:24

"I hvilke situasjoner tror lærerne/elevene at IKT gjør at de lærer bedre/mer?"

Code: Føring
Created: 06.12.05 19:33:54 by Super
Modified: 11.12.05 12:09:23

"Hvilke krav stilles til den digitale fremstillingen av oppgaveløsninger."

Code: Får till noe
Created: 06.12.05 15:08:29 by Super
Modified: 07.12.05 13:39:28

"Elevene opplever mestring ved at IKT lar de få til oppgaver de før ikke mestret."

Code: Gjennomgang
Created: 06.12.05 19:40:55 by Super
Modified: 14.12.05 17:30:40

"Når i undervisningen brukes IKT til gjennomgang?"

Code: Grafer
Created: 06.12.05 15:00:09 by Super
Modified: 13.12.05 13:19:00

"Både gjennomgang i timer og i intervjuer kom temaet grafer og funksjonsdrøfting opp. Alt er kodet som grafer."

Code: Hindring
Created: 06.12.05 18:30:15 by Super
Modified: 13.12.05 14:35:00

"Når opplever en at dataprogrammet er til hindring?
Situasjoner der eleven ikke behersket dataverktøyet og dette ble en større hindring en selve oppgaven."

Code: Hvorfor satse på IKT

Created: 06.12.05 13:37:58 by Super
Modified: 13.12.05 13:19:00

"Hvilke fordeler gir det å satse på IKT?
Hvorfor har en valgt å satse på dette verktøyet?"

Code: IKT motiverer
Created: 06.12.05 13:48:00 by Super
Modified: 11.12.05 12:03:30

"I hvilke sammenhenger ser en at IKT motiverer og fremmer læringen?"

Code: Kommunikasjon
Created: 06.12.05 17:36:50 by Super
Modified: 13.12.05 11:32:09

"Når ser en at IKT kan bedre det matematiske språket, føre til en bedre dialog og diskusjon rundt matematikk?"

Code: Kritikk av programmet
Created: 06.12.05 15:26:24 by Super
Modified: 09.12.05 13:48:48

"Negative synspunkter på dataprogrammene. Når er de ikke til nytte i undervisningen og når kan de skade den?"

Code: Lære programmet
Created: 06.12.05 15:32:13 by Super
Modified: 14.12.05 18:36:57

"Hva gjør lærerne for at elevene skal lære programmet?
Når ser en at det er viktig at elevene behersker programmet?
Hvordan har lærerne selv lært seg programmet?
Situasjoner i intervjuene hvor elevene ikke fikk til en oppgave fordi de ikke behersket dataverktøyet."

Code: Læringsmål
Created: 13.12.05 13:00:19 by Super
Modified: 13.12.05 13:00:19

"Hva var læringsmålet i timene?"

Code: Læringsterskel
Created: 06.12.05 17:52:36 by Super
Modified: 14.12.05 18:36:57

"Opplever en noen ganger at elevene ikke fikk til noe fordi læringsterskelen til programmet var for høy?"

Code: Oppgavetyper
Created: 06.12.05 15:04:55 by Super
Modified: 13.12.05 14:05:27

"Hvilke oppgaver passer for IKT?"

Hvile oppgavetyper bruker læreren i dag?"

Code: Pent
Created: 07.12.05 09:59:45 by Super
Modified: 11.12.05 12:52:14

"Løsningene blir pene og lette å forholde seg til. Elevene produserer noe."

Code: Plan for undervisningen
Created: 13.12.05 13:00:06 by Super
Modified: 13.12.05 13:00:06

"Hva var planen for den undervisningen jeg akkurat observerte?"

Code: Planlegging
Created: 06.12.05 17:35:35 by Super
Modified: 10.12.05 13:25:40

"Hvordan planlegger læreren timene sine når IKT er en sentral del?"

Code: Rolle
Created: 06.12.05 17:35:35 by Super
Modified: 11.12.05 13:54:30

"Hvordan oppleves lærer/elev sin rolle med IKT?"

Code: Samarbeid
Created: 06.12.05 14:22:29 by Super
Modified: 12.12.05 10:56:13

"Hvordan er samarbeidet mellom elever, lærere elev/lærer? Har det skjedd en rolleforandring etter at IKT ble tatt i bruk?"

Code: Spørsmål til gjennomgangen
Created: 13.12.05 10:52:21 by Super
Modified: 13.12.05 10:52:21

"Spørsmål elevene stilte i gjennomgangen."

Code: Strategi
Created: 14.12.05 10:15:29 by Super
Modified: 14.12.05 17:50:57

"Hvilke strategier velger elevene for å løse en oppgave?"

Code: utfordringer
Created: 06.12.05 13:55:36 by Super
Modified: 13.12.05 14:01:04

"Hvilke utfordringer støyter en på ved å ta i bruk IKT?
Hva kan en miste ved å ta i bruk IKT?"

Code: Valg av programvare
Created: 06.12.05 14:45:35 by Super
Modified: 12.12.05 10:37:40

"Begrunnelse for hvorfor en har tatt i bruk akkurat disse programmene."

Code: Vise sammenhenger

Created: 13.12.05 11:23:47 by Super

Modified: 14.12.05 19:09:41

"Elevene bruker IKT til å vise sammenhenger mellom grafer og algebra."