



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK OCH LÄRANDE,
AVANCERAD NIVÅ, 30 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2018

Digitalt skrivande

En möjlighet eller ett hinder i dagens klassrum?

ALEXANDRA JEVRING

Digitalt skrivande

En möjlighet eller ett hinder i dagens klassrum?

ALEXANDRA JEVRING

**EXAMENSARBETE INOM TEKNIK OCH LÄRANDE PÅ
PROGRAMMET CIVILINGENJÖR OCH LÄRARE**

Titel på svenska: Digitalt skrivande.

Titel på engelska: Digital writing.

Handledare: Cecilia Kozma, Vetenskapens Hus, Kungliga Tekniska högskolan.

Handledare: Eva Hartell, Vetenskapens Hus, Kungliga Tekniska högskolan.

Examinator: Arnold Pears, Kungliga Tekniska högskolan.

Sammanfattning

Den ökande digitaliseringen i matematikklassrum på gymnasiet ställer allt högre krav på eleverna. Enligt de senaste bestämmelserna ska nationella prov inom några få år genomföras digitalt. Detta innebär att eleverna kommer att behöva skriva in sina lösningar på datorer.

Detta arbete är uppdelat i två delar. Syftet med första delen är att undersöka om det förekommer en synlig påverkan på elevernas prestation i matematik på gymnasiet beroende på om de löser problem på papper eller på dator. Denna del skapas med hjälp av tidigare forskning i detta område och går ut på att eleverna genomför två prov där de använder sig av antingen papper eller datorer för att lösa problem. Syftet med andra delen är att ta fram rekommendationer som bör underlätta för lärare att introducera eleverna till att skriva matematik på datorer. För denna del i arbetet genomförs intervjuer med lärare och elever på en gymnasieskola.

Resultat från prov, i första delen av arbetet, visar att eleverna presterar sämre i grupper där de inte är vana med att arbeta på datorer. Svar från intervjun i andra delen visar att det finns många aspekter som läraren behöver tänka på när eleverna ska börja arbeta med datorer i matematikundervisningen. Utifrån intervjuer formas rekommendationer för lärare som redovisas i detta arbete.

Sammanfattningsvis visar detta arbete att eleverna behöver mer övning för att kunna prestera lika bra på dator som de skulle göra om de löser problem på papper. Eftersom studien genomfördes på en gymnasieskola behövs det mer forskning som undersöker om samma trend kan ses i andra gymnasieskolor.

Nyckelord: Digitalt skrivande, kognitivbelastning, arbetsminne, uppmärksamhet.

Abstract

The increasing digitalisation in mathematics classrooms places ever higher demands on students. According to the latest regulations, national tests must be carried out digitally in a few years. This means that students will need to enter their solutions on computers.

This work is divided into two parts. The purpose of the first part is to investigate whether there is a visible impact on students' performance in mathematics in high school, depending on whether they solve problems on paper or on a computer. This part is created with the help of a literature study and involves the students completing two tests where they use either paper or computers to solve problems. The purpose of the second part is to produce recommendations that should make it easier for teachers to introduce students to writing mathematics on computers. For this part of the work, the interviews were conducted with teachers and students at a high school.

The results from tests, in the first part of the work show that the students perform worse in groups where they are not used to working on computers. Answers from the interview in the second part show that there are many aspects that the teacher needs to keep in mind when students start working with computers in mathematics teaching. Based on interviews, recommendations are formed for teachers that are presented in this work.

In summary, this work shows that students need more practice to be able to perform as well on a computer as they would if they solved problems on paper. Since the study was conducted at one high school, more research is needed that examines whether the same trend can be seen in other high schools.

Keywords: Digital writing, cognitive overload, working memory, attention.

Förord

Jag vill passa på att tacka personer som har gjort detta arbete möjligt:

Jag vill börja med att tacka mina handledare Cecilia Kozma och Eva Hartell för er värdefulla feedback och stöd under hela mitt examensarbete. Ert stora intresse för mitt arbete i har hjälpt mig att inte släppa taget när Covid-19 slog till. Stort tack Cecilia och Eva för all hjälp.

Detta arbete skulle också inte ha blivit möjligt utan Håkan Elderstig som har gjort min datainsamling möjlig trots den utmanande tiden med Covid-19. Stort tack Håkan för din hjälp.

Jag vill även tacka alla elever och lärare som har varit villiga att ställa upp i mina undersökningar.

Till sist vill jag passa på att tacka alla mina vänner och min familj som har stöttat mig under mina år på Kungliga Tekniska högskolan. Det har varit en lärorik resa som har gett många fina minnen att se tillbaka på.

Alexandra Jevring

Innehåll

1. Introduktion	9
Inledning	9
Bakgrund	9
Regeringens och Skolverkets reglering kring digitalisering	10
Syfte	11
Frågeställningar	11
Avgränsningar	11
Globala hållbarhetsmål	12
Definitionen av digitalt skrivande och den digitala pennan i detta arbete	12
2. Litteraturstudie	13
2.1 Teoretiskt ramverk	13
2.1.1 Några av grundläggande teorier för lärande	13
2.1.2 Några grundförutsättningar för att kunna lösa problem	19
2.2 Tidigare studier	27
3. Metod	29
3.1 Arbetsprocessen	29
3.2 Moment 1 och 2, matematikuppgifter	30
3.2.1 Inför undersökningen	30
3.2.2 Datainsamling för moment 1 och 2	34
3.2.3 Databehandling	35
3.3 Moment 3, Frågeformulär och Intervjun	39
3.3.1 Frågeformulär	39
3.3.2 Inför intervjun utförandet	39
3.3.3 Datainsamling	41
3.3.4 Databehandling	41
3.4 Felkällor och påverkan av Covid-19	42
3.5 Etiska ställningstaganden	43
4. Resultat och Analys	44
4.1 Moment 1 och 2	44
4.1.1 Direkt datainsamling	44
4.1.2 Indirekt datainsamling	47
4.1.3 Digitala pennan	55
4.2 Moment 3	58
4.2.1 Frågeformulär på internet	58
4.2.1 Kodning av intervjuer	58
4.2.2 Analys av intervjukodning	61

5. Diskussion	65
5.1 Moment 1 och 2	65
5.1.1 Överbelastning vid avsaknad av automation	65
5.1.2 Uppmärksamhetens utmaningar vid genomförandet på distans	65
5.1.3 Val av slumpmässig lösningsmetod	66
5.1.4 Automation, mycket övning	67
5.1.5 Användning av kända skrivverktyg	68
5.1.6 Påverkan av skillnader mellan uppgifter i moment 1 och 2	68
5.1.8 Digitala pennan	69
5.2 Moment 3	70
5.2.1 Betydelsen av övning inom det digitala skrivandet	70
5.2.2 Automationsmöjligheter inom digitalt skrivande	70
5.2.3 Förståelsen för den kognitiva belastningen	71
5.2.4 Uppmärksamhetsutmaningar i digitala klassrummet	72
5.2.5 Hänsyn till elevernas förkunskaper	72
5.2.6 Vad kan lärare göra för att underlätta övergången till digitalt skrivande?	73
6. Slutsats	75
6.1 Hur påverkar det digitala skrivandet och den digitala pennan elevernas lösningar i uppgifter inom ett matematiskt område?	75
6.2 Vilka utmaningar kan gymnasielärare stöta på när de introducerar digitalt skrivande i matematik?	75
6.3 Hur kan rekommendationer till lärare se ut vid införande av digitalt skrivande i matematikundervisningen baserat på elevers upplevelser och lärarnas erfarenheter, empiriskt material och teoretiska ramverk?	75
6.4 Möjliga förbättringar för moment 1 och 2	76
6.5 Förslag på vidare forskning	76
7. Litteratur	78
8. Bilaga	82
Rättningsmall	82
Uppgifter Moment 1	84
Uppgifter Moment 2	86
Enkät	88
Intervjufrågor till lärare	89
Intervjufrågor till elever	89
Checklista för återskapandet av moment 1 och 2 undersökningen	90
Rekommendationer till gymnasielärare inför införandet av digitalt skrivande i matematikklassrum	91

1. *Introduktion*

Detta kapitel beskriver vilka bestämmelser som snart kommer att träda i kraft i dagens gymnasieskolor. Utifrån dem formas syftet för detta arbete och relevanta frågeställningar tas fram.

Inledning

Digitalt skrivande hör till vardagen för många människor i dagens samhälle. Det används nästan varje gång man startar någon inmatningsbar teknisk pryl oavsett ändamål. Det kan till exempel vara en mobiltelefon eller en laptop. Bara människan och teknikens utveckling sätter begränsningen för möjligheter med digitalt skrivande. Men vad händer egentligen när digitala skrivandet flyttar in även i dagens klassrum?

Bakgrund

Dahlström och Boström (2017) lyfter fram i deras studie, Pros and Cons: Handwriting versus digital writing, att de digitala resursernas användning ökar i dagens samhälle. Eftersom samhället utvecklas och det sker mer digitalisering, har nya yrken skapats, till exempel influerare och App-utvecklare. Samtidigt har andra yrken försvunnit eller kommer att försvinna. Enligt Skolverket (2018) bidrar digitalisering till ett demokratiskt samhälle där individen får större möjlighet att påverka det som sker. Skolverket (2018) är säker på att den digitala utvecklingen kommer att fortsätta.

Med ny teknik kommer också nya utmaningar. Enligt Oviatt (2006) finns det en tro inom teknikbranschen om att människan har förmågan att anpassa sig till ny teknik. Oviatt (2006) förklarar att enligt teknikbranschen ska det räcka med att förse användaren med manualen med instruktioner för hur tekniken ska användas och träning för att individen ska kunna använda den.

Några generella fördelar med att arbeta med papper som Thienen, Sajjadi och Troyer (2015) tar upp är att det går fort att bläddra mellan sidor, man kan få en större överblick eftersom det är möjligt att sprida ut papper över en större yta och det går även att se många olika dokument samtidigt. Några fördelar med dator som Thienen et al. (2015) presenterar är till exempel att det går snabbare att söka i texten med hjälp av olika sökningsverktyg, det går fort att hoppa till önskade sidor och i skolmiljön blir det mindre jobb för läraren om alla svar från olika prov rättas automatiskt t.ex. genom att eleven anger rätt svar i inmatningsrutan för en specifik uppgift.

Regeringens och Skolverkets reglering kring digitalisering

Den 29 juni 2017 lade regeringen fram förslaget att nationella prov ska digitaliseras (Regeringskansliet, 2017a). Syftet med förslaget enligt Regeringskansliet (2017a) var att minska belastningen på lärare vid rättning och därmed ge dem mer tid för undervisning. Utöver det ska förslaget ge en mer rättvis betygsättning där proven kommer att rättas anonymt och inte av lärare som undervisar klassen. (Regeringskansliet, 2017a)

I propositionen på regeringskansliets hemsida står det att "Regeringen ger Statens skolverk i uppdrag att utveckla och tillhandahålla digitaliserade nationella prov och bedömningsstöd i grundskolan och på gymnasial nivå i enlighet med vad som anges i propositionen Nationella prov – rättvisa, likvärdiga, digitala (prop. 2017/18:14)." (Regeringskansliet, 2017b) Skolverket arbetar med detta tillsammans med 100 skolor runt om i landet (Skolverket, 2020a). Varje år redovisar Skolverket hur utvecklingen ser ut för att kunna, senast i oktober 2023, redovisa slutresultatet tillsammans med konsekvenser som digitaliseringen kommer att ge. Det ska även finnas förslag på alternativ som lärare ska kunna tillämpa där digitalisering inte fungerar. (Regeringskansliet, 2017b)

År 2022 kommer lärare att få möjlighet att testa det nya provsystemet (Skolverket, 2020a). Enligt en preliminär tidsplan som Skolverket (2020a) redovisar, kommer det vara obligatoriskt för gymnasier att ha nationella prov i matematik 1 - 4 i digitalt format år 2023. Anledning till att det dröjer så länge tills förslaget börjar användas på alla skolor är att det dels tar tid för skolorna att förbereda sig för att uppfylla de tekniska kraven men också att Skolverket vill säkerhetsställa att digitala prov fungerar i praktiken (Skolverket, 2020b).

Det finns många fördelar med digitalisering av nationella prov som Skolverket (2020a) har presenterat. Bland annat är det miljövänligare med tanke på hållbart samhälle trots den större energiförbrukning som digitala system kan leda till. Sedan kan arbetsbörda med rättningen minska eftersom några delar av provet kommer att kunna rättas automatiskt (Skolverket, 2020a). Det kommer även att finnas undantag för elever som av till exempel funktionsnedsättningar inte kan skriva på dator (Skolverket, 2020c).

Skolverket (2020a) har information om hur skolorna ska förbereda sig med avseende på tekniska förberedelser. Dock saknas det fortfarande rekommendationer för hur lärare ska förbereda elever inför digitala prov (Skolverket, 2019). Skolverket (2020a) kommer att publicera information om vilka kompetenser som elever behöver ha för att kunna genomföra digitalt nationellt prov under 2020.

Det går inte att hitta information på Skolverkets hemsida om vad som gäller själva digitala skrivandet. I exempel på digitala kompetenser som lärare behöver går det att

läsa att lärare ska "ha förståelse för och kunskap om skillnaden av att läsa text på skärm och att läsa i till exempel en bok. Detta innebär att läraren behöver undervisa eleverna om läsning både på skärm och på papper." (Skolverket, 2020d). Det finns inget exempel om vad lärare behöver förstå och förmedla till elever angående det digitala skrivandet. I rekommendationer för lärare framgår det inte heller vilka konsekvenser för elevernas prestationsförmåga som kan förekomma med digitalt skrivande och hur läraren ska förebygga dem.

Syfte

Detta arbete utvärderar huruvida det förekommer skillnader när elever använder olika verktyg för skrivande och om det finns synlig påverkan på elevernas prestationsförmåga i matematik som går att observera via elevernas lösningar i matematikuppgifter. Kommer elever att prestera bättre på uppgifter där de får svara via dator eller kommer det inte att finnas någon märkbar skillnad mot papper och penna?

Syftet är att med hjälp av insamlade data utveckla vägledning för hur läraren ska introducera digitalt skrivande till elever som gynnar deras lärande oavsett vilken nivå eleven befinner sig på.

Frågeställningar

Hur påverkar det digitala skrivandet och den digitala pennan elevernas lösningar i uppgifter inom ett matematiskt område?

Vilka utmaningar kan gymnasielärare stöta på när de introducerar digitalt skrivande i matematik?

Hur kan rekommendationer till lärare se ut vid införande av digitalt skrivande i matematikundervisningen baserat på elevers upplevelser och lärarnas erfarenheter, empiriskt material och teoretiska ramverk.

Avgränsningar

Rapporten fokuserar på teorier om hur individer tar in och lär sig ny information. Eftersom den inte kommer att gå in på djupare individanalys kommer den inte att behandla teorier om barns intelligens.

Globala hållbarhetsmål

I de globala hållbarhetsmålen ingår bland annat att sträva efter en likvärdig gymnasieutbildning (Globala målen, 2020). Detta kan tolkas som att eleverna ska även ha likvärdig tillgång till utbildning inom digitalt skrivande eftersom den kommer att spela en större roll när nationella prov digitaliseras.

Definitionen av digitalt skrivande och den digitala pennan i detta arbete

I detta arbete används begreppet digitalt skrivande. Här innebär det att eleverna använder tangentbordet på dator för att lösa matematiska problem.

Den digitala pennan i detta arbete innebär att eleverna använder penn-liknande inmatning på dator. Deltagare i denna studie använde sig av ThinkPad Active Pen från Lenovo med ID nummer SD60G97200.

2. Litteraturstudie

Detta kapitel är uppdelat i två delar: teoretiskt ramverk och tidigare studier. I den första, teoretiskt ramverk, beskrivs några grundläggande teorier som sedan används i rapporten. I den andra, tidigare studier, beskrivs relevant forskning inom digitalt skrivande utifrån vilka denna studie har utvecklats.

2.1 Teoretiskt ramverk

2.1.1 Några av grundläggande teorier för lärande

Inhämtning av kunskap sett från ett evolutionsperspektiv

Sweller, Ayres och Kalyuga (2011) pratar om att kunskap kan delas in i två biologiska delar: primär och sekundär kunskap. Den primära kunskapen, enligt Geary (2007), består av information som lagras utan att individen tänker på den och är baserad på människans instinkter som har utvecklats genom evolutionen. Det är till exempel förmågan att känna igen ansikten eller att lära sig förstå språket.

Den sekundära kunskapen har däremot inte ingått i människans evolution (Sweller et al., 2011). För att kunna ta in den, behöver individen, enligt Geary (2007), instruktioner som gör det möjligt att lära sig och lagra den. Exempel på sekundär kunskap är förmågan att läsa och skriva som har varit involverade i människans utveckling endast i ett par årtusenden (Geary, 2008). Individer behöver också lära sig hur de upptäcker kunskap för att kunna göra det självständigt i uppgifter som ska lösas på egen hand. (Sweller et al., 2011)

En förklaring av långtidsminnets funktion

Sweller et al. (2011) förklarar att människans evolution har, bland annat, utvecklat långtidsminnet. Det vill säga, en förvaringsplats där det är möjligt för individer att lagra inlärd information. I den finns alla primära och sekundära kunskaper (Sweller et al., 2011). Lagrade kunskaper förändras och uppdateras när ny kunskap lärs in (Sweller et al., 2011). På detta sätt kan man säga att långtidsminnet är under konstant förändring.

Minnet kan delas upp i två grupper: implicit- och explicit minne (Santalla, 2000). I implicit minne lagras handlingar som kan göras utan att individen måste aktivt fokusera dem, till exempel inlärd problemlösning eller motoriska kunskaper (Klingberg, 2007). I

det explicita minnet lagras information som tas fram genom att individen aktivt tänker på den (Santalla, 2000). Den kan antingen vara händelser eller faktakunskaper (Klingberg, 2007).

För att eleverna ska förstå och börja tänka på nya sätt behöver informationen bygga på det som eleverna redan har i långtidsminnet för att de ska känna igen sig (Mayer, 2004). Till exempel läsförståelse påverkas mycket av elevernas tidigare kunskaper i form av att ny information förenas med dem (Mayer, 2004).

Schemateori

Scheman är kunskaper som finns lagrade i långtidsminnet (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998). Det kan till exempel vara utförda handlingar (Barlett, 1932/1977) eller inlärd fakta. Bartlett (1932/1977) förklarar att impulser som kommer in kommer att tolkas utifrån kunskaper som individen redan har och för att komma ihåg en viss sekvens av handlingar behöver de upprepas i samma ordning. Det nya schemat som skapas kommer att skilja sig från det ursprungliga (Barlett, 1932/1977). Befintliga kunskaper kan också hindra individer från att tolka informationen korrekt i de fall där fel schema används.

Piaget (2013) valde att namnge alla processer som involverar förändringar i redan inlärd kunskaper som antingen assimilation eller ackommodation. Assimilation handlar om individens förståelse av information genom att använda redan befintliga scheman (Piaget, 2013). Ackommodation används där assimilation inte räcker till och innebär att förändra redan befintliga scheman för att uppnå en bättre anpassning till ny information (Piaget, 2013). Bartlett (1932/1977) ansåg dock att schemaförklaringen inte var komplett för att förklara det som sker men var överens om att det var svårt att definiera hela processen med bara ett ord.

Lån av kunskap

Sweller et al. (2011) väljer att beskriva sekundära kunskaper i långtidsminnet som lånade eftersom individen har fått dem från andra individer och kan sedan låna ut kunskaper vidare till nästa individ. De beskriver att lånad information kommer att omorganiseras, det vill säga, den kommer att jämföras med redan inlärd kunskaper i långtidsminnet innan de lagras där. Hur väl kunskap överförs avgörs utifrån primära färdigheter som individerna har (Sweller et al., 2011). Till exempel nämner Sweller et al. (2011) att kommunikation är en primär kunskap men läs och skrivförmågan är sekundära som behöver läras ut.

Inhämtning av primära och sekundära kunskaper sker, enligt Sweller et al. (2011), genom imitation där elever lånar kunskaper som finns i lärarens långtidsminne och

placerar dem i sina egna. I långtidsminnet kommer nya kunskaper att kombineras med de som redan finns lagrade där (Sweller et al., 2011). Imitering som Sweller et al. (2011) nämner, kan också ske indirekt via hörsel, läsning och observationer av olika bilder. I dessa fall kommer nya kunskaper också att jämföras med de som redan finns i långtidsminnet (Sweller et al., 2011).

Imitering, enligt Sweller et al. (2011), är den mest använda metoden för hämtning av kunskap. Fördelar med den är att inhämtade kunskaper troligen kommer att utvecklas för att vara så effektiva som möjlig. Nackdelen är dock att inlärd kunskap inte kommer att vara identiska med den ursprungliga källan (Sweller et al., 2011).

Vad kan hända när kunskaper saknas?

Sweller et al. (2011) förklarar att när kunskaper saknas och möjlighet för imitation inte finns, kommer nya kunskaper att skapas från slumpmässighet. Enligt Sweller et al. (2011) avgörs slumpmässigheten av individens kreativa förmåga. De menar att det är den kreativa förmågan som leder individen in i det okända. Detta innebär att försöket till problemlösningen kommer att vara slumpmässig när eleven inte vet den exakta lösningsmetoden. (Sweller et al., 2011)

Hur effektiv en slumpmässig strategi är kan, enligt Sweller et al. (2011), bara avgöras efter att den har genomförts mentalt eller fysiskt eftersom individen inte vet konsekvenserna. De förklarar att vid mer komplexa uppgifter som kräver lösningar i flera steg kommer ett steg att behandlas åt gången. I början av en problemlösning kommer individen att undersöka om problemet kan lösas med tidigare kunskaper och om det inte är möjligt kommer den att slumpmässigt göra en handling (Sweller et al., 2011).

En modell över hur arbetsminnet fungerar

Atkinson och Shiffrin (1968) beskrev att minnet består av två delar, korttids- och långtidsminne. Korttidsminnet, det vill säga arbetsminnet, gör det möjligt för människan att ta in sekundära kunskaper (Sweller et al., 2011). För att beskriva mer ingående hur arbetsminnet fungerar har Baddeley och Hitch (1974), med stöd i utförda experiment, tagit fram en mer detaljerad modell över arbetsminnets funktion. Här nedan presenteras en sammanfattande version av deras teori.

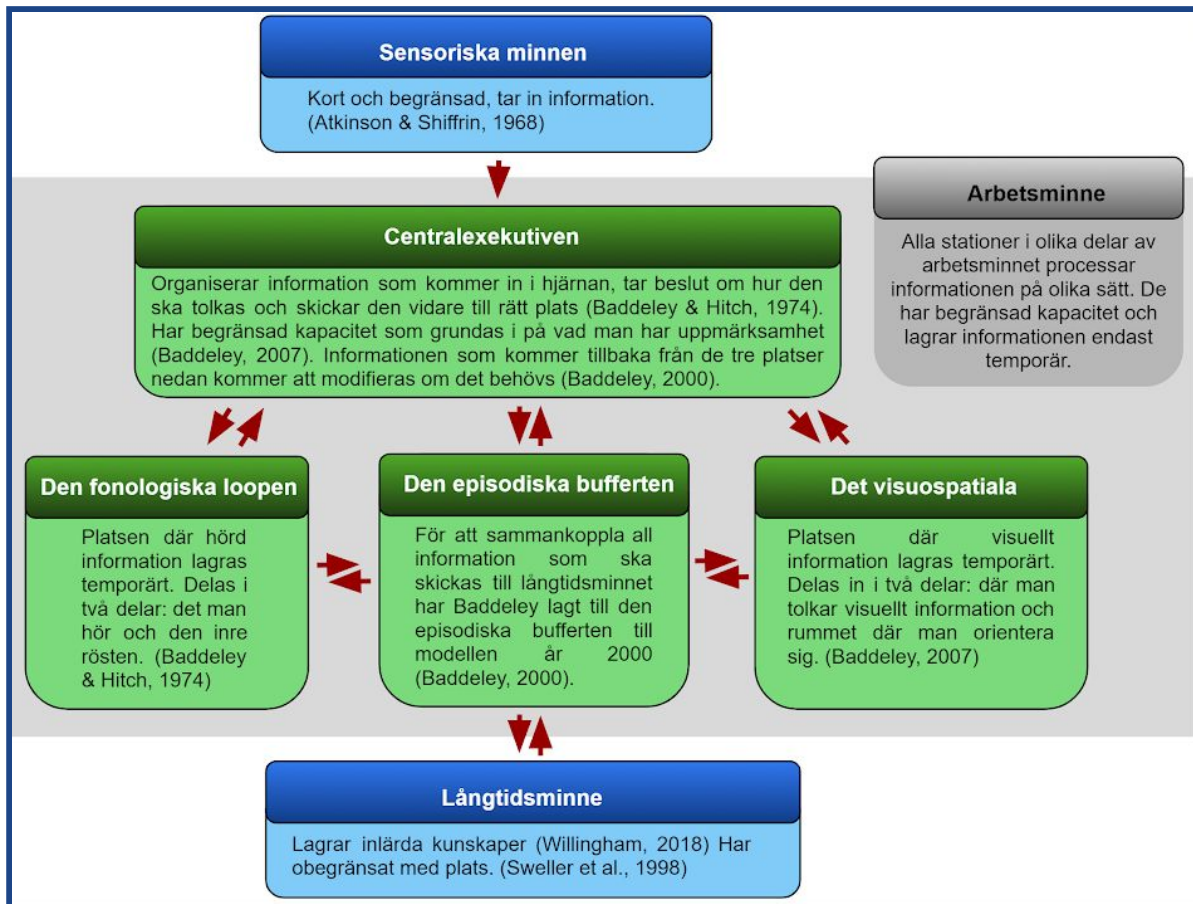


Bild 2.1.1: Bild över Baddeley och Hitchs förklaring för hur arbetsminnet fungerar. Inspiration till bilden tagen från Alshahrani (2017, Figur 2).

När en individ tar in information sker det via sensoriska minnet (eng: *sensory memory*) som har begränsad kapacitet (Atkinson & Shiffrin, 1968), se bild 2.1.1 ovan. Sedan skickas informationen vidare till centralexekutiven (eng: *central executive*) som avgör hur informationen ska behandlas (Baddeley & Hitch, 1974). Allt som berör hörbar information och det individen säger i sitt eget medvetande skickas till den fonologiska loop (eng: *phonological loop*) (Baddeley & Hitch, 1974). Det som istället är i form av visuell information och uppfattning om rummet behandlas i det visuospatiala (eng: *visuo-spatial sketchpad*) delen av arbetsminnet (Baddeley, 2007). Den bearbetade informationen kan sedan antingen skickas tillbaka till centralexekutiven om den behöver modifieras igen (Baddeley, 2000) eller skickas till den episodiska bufferten (eng: *episodic buffer*) som länkar ihop all bearbetad information och ansvarar för att skicka informationen till långtidsminnet (Baddeley, 2000). Långtidsminnet till skillnad från arbetsminnet har obegränsat med plats (Sweller et al., 1998).

Varför behövs arbetsminnet egentligen? Svar på denna fråga har Klingberg (2007) nämnt i sin bok *Den översvämmade hjärnan*. Arbetsminnet ger möjlighet för individen att komma ihåg vad som ska göras. Det håller koll på vart individen riktar uppmärksamhet och gör det möjligt att lösa problem som är på komplex nivå.

(Klingberg, 2007).

Kognitiv belastningsteori

Kognitiva belastningsteorin går ut på att människan har en viss mental kapacitet för att kunna lösa problem inom ett bestämt tidsintervall (Oviatt, S., 2006). Sweller et al. (2011) presenterar att kognitiv belastningsteori innehåller tre kategorier, *se bild 2.1.2*, av kognitiv belastning: inneboende (eng: *intrinsic*), omständighetsrelaterad (eng: *extraneous*), och genuin (eng: *germane*).



Bild 2.1.2: Tre kategorier i Kognitiv belastnings teori. Inspiration till bilden tagen från Megancamp (2010)

Sweller et al. (2011) förklarar att inneboende kognitiv belastning avgörs av elevens förkunskaper och komplexiteten hos problemet, det vill säga vad eleven redan kan och antal element i uppgiften som ska behandlas. Varje element är ett eget sub-schema och det är arbetsminnets kapacitet som avgör hur många element individen kan hantera åt gången (Egidius, u.å.). Element som inte kan behandlas var för sig utan måste göra det samtidigt kallas för element med hög interaktivitet (Sweller et al., 2011). Dessa har högre belastning på arbetsminnet tills de har lärts in och placerats i eget gemensamt schema, *se bild 2.1.3* (Sweller et al., 2011). Exempel på det är algebraiska formler eftersom de består av element som måste läras in samtidigt och därmed har de hög element interaktivitet vilket leder till hög inneboende kognitiv belastning (Sweller et al., 2011). När flera av elementen förenas i ett gemensamt schema, kommer de enligt Sweller et al. (2011) att hanteras som ett element i arbetsminnet och på sådant sätt att den inneboende kognitiv belastningen minskar. Detta innebär att när eleverna har mer kunskaper i långtidsminnet som de kan tillämpa, minskas den inneboende belastningen på kognitiva förmågan och de kan arbeta med mer komplexa uppgifter (Sweller et al., 2011).

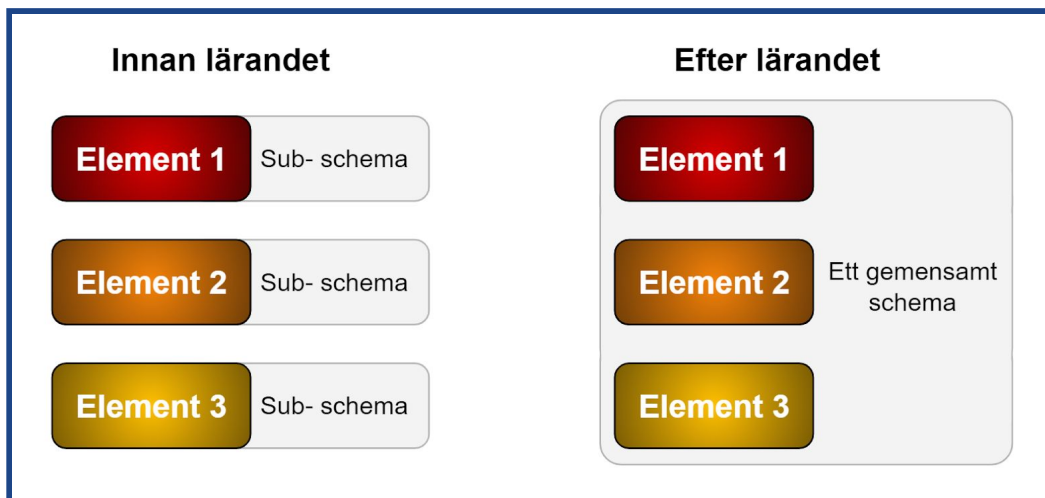


Bild 2.1.3: Skillnaden på hur element med hög interaktivitet uppfattas innan lärandet och efter. Inspiration tagen från Sweller et al. (2011).

Omständighetsrelaterad kognitiv belastning, enligt Sweller et al. (2011), avgörs av yttre faktorer som skapas av hur materialet presenteras. Enligt Egidius (u.å.) ses det som en onödig kognitiv belastning. Sweller et al. (2011) förklarar att upphov till den kan antingen vara att undervisningen inte är tillräckligt anpassad eller att informationen inte har presenterats på en nivå som gör det möjligt för eleverna att förstå och ta in den. Detta innebär, enligt Sweller et al. (2011), att vid väl anpassat upplägg av undervisningen kommer eleverna att uppleva minimal omständighetsrelaterad belastning. Genom att minimera belastningen på den omständighetsrelaterade kognitiva delen kan man öka möjligheten för lärandet eftersom man i den situationen har frigjort plats i arbetsminnet. (Sweller et al., 2011)

Den sista kategorin är genuin kognitiv belastning. Den, enligt Sweller et al. (2011), hanterar hur informationen överförs från arbetsminnet till långtidsminnet. Här sker även alla kopplingar mellan inlärd och nykommen information (Egidius, u.å.). Ökning av denna kognitiva belastning öppnar upp möjligheten för inläring (Barton, 2018). Man kan tolka det som att genuin kognitiv belastning hänger ihop med den inneboende eftersom om den omständighetsrelaterade har hög kognitiv belastning kommer individen att ha svårt att hantera de andra två, vilket kommer att leda till att inget lärande sker. (Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G. och Paas, F., 2019).

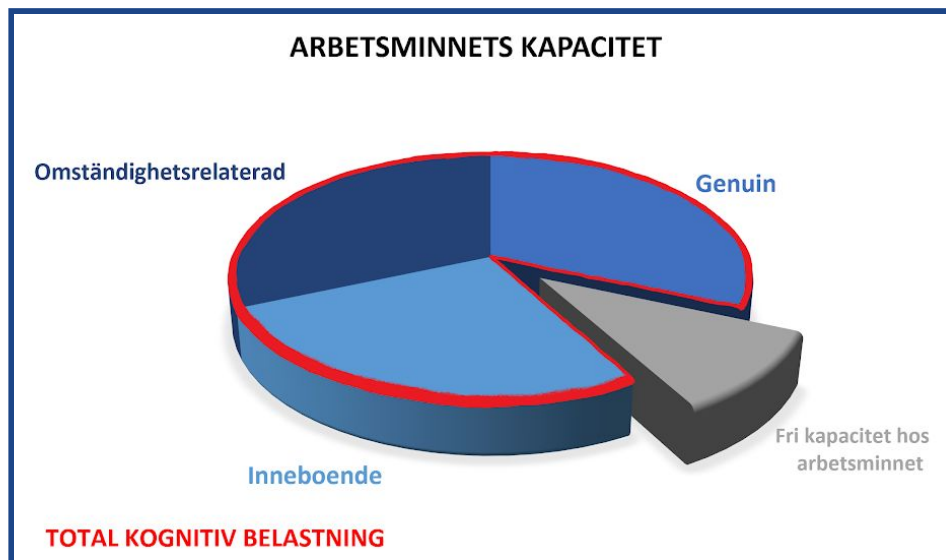


Bild 2.1.4: Sambandet mellan arbetsminnet och kognitiv belastning. Inspiration till bilden tagen från Bishop (2019).

Målet med kognitiv belastningsteorin är att optimera användandet av arbetsminnet och därmed minska den kognitiva belastningen på det. (Sweller et al., 2011). På grund av att alla tre kategorier summeras till den totala kognitiva belastningen innebär det att det är viktigt att se till att de tillsammans inte överstiger kapaciteten hos arbetsminnet (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003). Detta beror på att kunskaper bara kan lagras i schema om totala kognitiva belastningen inte överstiger kapaciteten hos arbetsminnet (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998). Om det förekommer fri kapacitet i arbetsminnet (se Bild 2.1.4) efter att kognitiv belastning har ockuperat vad den behöver kommer individen kunna använda utrymmet för att utveckla en mer avancerad förståelse inom området (Pass, Renkl, & Sweller, 2003). Oviatt (2006) tar upp att denna teori om kognitiv belastning i sin studie och ger starka argument för hur elever påverkas av olika hjälpmedel. Hon poängterar också att den kognitiva förmågan hos elever ansträngs mycket vid inläring av nya kunskaper.

2.1.2 Några grundförutsättningar för att kunna lösa problem

Enligt Sweller et al. (2011) kan man säga att medvetandet sker parallellt med arbete i arbetsminnet. Det är endast det som sker i arbetsminnet som individen är medveten om. Detta innebär att individen inte är medveten om tidigare inlärd kunskaper förrän dessa har förflyttats från långtidsminnet till arbetsminnet (Sweller et al., 2011). Kunskaper från långtidsminnet kommer att användas för att komplettera informationen som kommer från omgivningen (Willingham, 2018)

Willingham (2018) kom fram till att för att få ut en lösning på ett problem behöver individen ta hänsyn till fyra faktorer. Den första handlar om hur stort arbetsminne den har. Den andra är vilken fakta omgivningen ger och de två sista, som Willingham

nämner (2018), är vad individen har för kunskaper i form av fakta och procedurer i långtidsminnet.

Arbetsminnets kapacitet

Willingham (2018) nämner att storleken på arbetsminnet är avgörande för hur väl individen kan tänka. Alla individer föds med redan bestämd kapacitet för arbetsminnet och enligt Willingham (2018) är det inte möjligt att öka den. Miller (1956) upptäckte att hur många antal element som individerna kunde fokusera på kretsade runt sju och kom därmed fram till att arbetsminnet är begränsad till att hantera sju saker åt gången. Från forskningen som Cowan (2001) har sammanfattat, kom Cowan fram till att det är generellt fyra bitar av information som kan behandlas åt gången. Han nämner även att det kan handla om betydligt större eller mindre antal hos vissa individer (Cowan, 2001). Cowan (2010) förklarar att begränsningen i arbetsminnet kan ha utvecklats för att hindra att allt för mycket information skulle behandlas samtidigt vilket skulle kunna ha lett till antingen längre tid att bearbeta allt eller att hjärnan skulle blanda ihop intagen information.

Bachelder (2001) har undersökt närmare varför de två teorierna skiljer sig från varandra och kom fram till att de i grunden beskriver de samma sak. Skillnaden är att Miller och Cowan hade olika mått för vad de definierar som accepterat värde. Han menar att Cowan strävade efter ett mått som skulle motsvara ett fullständigt kriterium medan Miller nöjde sig med hälften av ett fullständigt kriterium och därmed presenterade att arbetsminnet kan innehålla några fler bitar. (Bachelder, 2001).

Senare har även Sweller et al. (2011) undersökt arbetsminnets begränsningar. De konstaterade att alla processer som sker med information och kunskaper tar plats i arbetsminnet. Sweller et al. (2011) förklarar också att ny information som bearbetas har hög belastning på arbetsminnet och de berättar att individer inte kan hantera mer än 2 till 3 bitar av ny information åt gången. Sweller et al. (2011) menar att ny information som kommer in organiseras i permutationer eftersom arbetsminnet inte vet hur det ska hanteras för att det inte liknar något som redan finns i långtidsminnet. Vidare föreslår Sweller et al. (2011) att det kanske är möjligt att öka arbetsminnet kapacitet genom att kombinera både visuell och hörbar källa.

Samtidigt som vissa forskare väljer att behandla arbetsminnets kapacitet som ett bestämt och oförändrat värde finns det studier som har visat motsatsen. Klingberg (2012) har presenterat några studier som har visat att det är möjligt att öka arbetsminnets kapacitet genom träning. Det gick även att se i resultatet i en av studierna att individer presterade bättre i andra uppgifter som de inte hade tränat på (Klingberg, 2010). Denna forskning möts dock med kritik från bland annat Melby-Lervåg och Hulme (2013) som tar upp att när hjärnan tränas inom ett område kan man inte räkna med att det även sker förbättringar i andra. Det är inte heller troligt att tränade färdigheter bidrar till bestående effekter (Melby-Lervåg & Hulme, 2013).

Uppmärksamhetens roll

Vad som arbetsminnet kommer att behandla avgörs av centralexekutiven som styrs av individens uppmärksamhet (Baddeley, 2003) Uppmärksamhet får därmed en avgörande roll för hur väl informationen lagras och om den ens gör det (Willingham, 2018). För att man ska kunna lära sig måste kunskapen lagras en tid i arbetsminnet vilket innebär att elevens uppmärksamhet behöver vara riktad mot kunskapen under en längre period. Sedan kommer elevernas tankar att avgöra om kunskapen kommer till långtidsminnet eller inte. Willingham (2018)

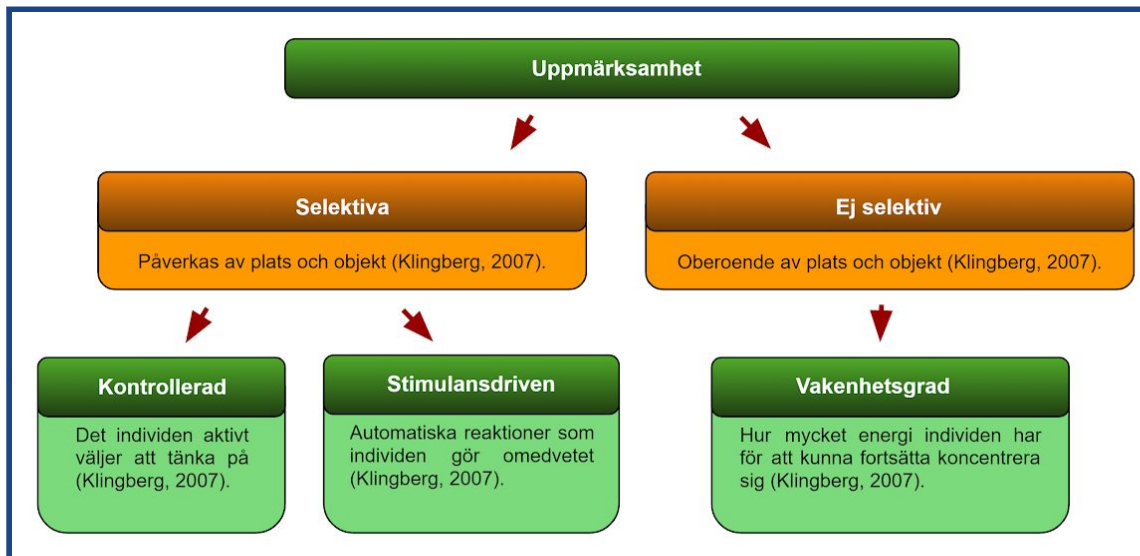


Bild 2.1.5: Bild över hur uppmärksamhet kan delas upp. Inspiration tagen från Klingberg (2007).

Klingberg (2007) valde att beskriva uppmärksamhet som en portal mellan all information i och utanför hjärnan. Enligt honom väljer den ut vad individen fokuserar på och vad individen bortser från. Klingberg (2007) förklarade att uppmärksamheten kan delas upp i tre kategorier: kontrollerad, stimulansdriven och vakenhetsgrad, *se bild 2.1.5*. De två förstnämnda påverkas av objekt och plats medan den sista inte gör det. Vidare är skillnaden mellan den kontrollerade och den stimulansdrivna att den kontrollerade uppmärksamheten hålls i arbetsminnet och individen måste aktivt tänka på den (Klingberg, 2007). Den stimulansdrivna däremot sker automatiskt utan att belasta arbetsminnet (Klingberg, 2007). Det kan till exempel vara oväntade ljud eller tankar som plötsligt dyker upp (Klingberg, 2011). Den sista kategorin, vakenhetsgrad, kommer att påverkas av individens inre känslor som till exempel stress eller behov av vila (Klingberg, 2011).

När flödet av information ökar ställs individens uppmärksamhet inför utmaningar (Klingberg, 2007). Individens förmåga att välja är avgörande i denna situation. Enligt Klingberg (2007) är tankspriddhet, där individen inte fokuserar sin uppmärksamhet, en av anledningarna till att individen glömmer. Han poängterar att det är omöjligt för individen att lära sig något utan uppmärksamhet.

Överbelastning

Att hjärnan utsätts för överbelastning kan märkas av när individen hindras från att slutföra planerade handlingar som till exempel att genomföra alla memorerade steg i en problemlösningsmetod (Klingberg, 2007). Det begränsande arbetsminnet kan vid överbelastningen även hindra lärandet (Sweller et al., 1998). Det vill säga, arbetsminnet kan begränsa individens möjligheter att tolka problem och förstå förklaringar (Sweller et al., 2011). Till exempel när eleverna provar sig fram kommer de att belasta arbetsminnet mer än när de vet passande lösningsmetod (Barton, 2018). Vidare tar Willingham (2018) upp att överbelastningen i arbetsminnet också kan ske vid: osammanhängande fakta, i uppgifter som kräver två-tre leds logiska steg eller i kontakt med nytt material. Hans lösning på detta problem är att man ska sakta ned farten och ta hjälp av minnesstöd som till exempel tavlan. Detta enligt Willingham (2018) bör minska belastningen på elevernas arbetsminne.

Det går även att försöka undvika belastningen genom att eleverna lär sig tillräckligt med faktakunskaper (Willingham, 2018) Detta beror på, enligt Willingham (2018), att det är mindre belastande för arbetsminnet att plocka ut redan inlärd kunskaper från långtidsminnet i jämförelse med att lära sig nya. Samma sak gäller även om eleverna har automatiserade mentala processer, till exempel läsning och skrivning (Willingham, 2018). Ett annat sätt att frigöra arbetsminnet är att samla fakta i grupper istället för varje informationsdel för sig Willingham (2018).

Barton (2018) nämner att när elever är i början av sitt lärande är det viktigt att inte ha för detaljerade uppgifter eftersom detaljer i en uppgift kan överbelasta den kognitiva kapaciteten hos nybörjare vilket leder till att de inte lär sig något. Överflödiga information i problem kan enligt Barton (2018) likaledes hindra elever från att lära sig eftersom deras arbetsminne belastas mer. Detta beror på att den överflödiga informationen inte är relevant för vad eleverna håller på att lära sig och eleverna måste filtrera bort det som är onödigt för problemet innan de kan lösa det (Barton, 2018).

Likaväl kan elever stöta på utmaningar i uppgifter med många element eller hög interaktivitet där bearbetningen behöver ske samtidigt, vilket kan överbelasta arbetsminnet (Sweller et al. 2011). Bearbetning är ett viktigt moment som inte kan undvikas om eleven ska ha möjlighet att förstå informationen (Sweller et al. 2011). Detta innebär att vid rutinmässig inläring, där eleverna fokuserar på utantillkunskap, sker en låg belastning på arbetsminnet och därmed kan vara fördelaktigt vid inläring av ny information (Sweller et al. 2011). Det finns annars också möjlighet att dela upp bearbetningen av element med hög interaktivitet och behandla dem var för sig, dock är det inte möjligt att uppnå en total förståelse förrän alla delar kopplas samman igen (Pass, Renkl, & Sweller, 2003).

Skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig

Alexanders, Kulokowichs och Schulzes (1994) forskning har visat att eleverna förstår informationen bättre och har lättare att komma ihåg den om de har tillräckligt med bakgrundskunskaper inom området. Willingham (2018) nämner att avsaknaden av dessa kunskaper begränsar människans logiska och kritiska förmåga att tänka. Vidare har en studie av Silvia (2008) visat att individer blir mer intresserade av problem som är nya och begripliga, och om de vet hur de kan lösa problemen. Med tillräckliga baskunskaper kommer individen att tycka att problemet är intressant, och sedan när kunskapen är uppnådd kommer intresset för problemet att avta (Silvia, 2008). Intresset blir därmed avgörande för att individer ska utforska nya områden (Silvia, 2008). Barton (2018) nämner också att eleverna är mer motiverade för problem där eleverna vet att de har kunskaper för att kunna påbörja en lösning. Han påpekar att detta kan vara viktigt för tidig inläring. Dock, om uppgifterna blir för lätta, kommer lärande inte att ske. Dessutom kan arbetsminnet fyllas med andra saker som inte är relevanta för lärandet. (Barton, 2018)

När det gäller arbetsminnet pratar Sweller et al. (2011) om att det är begränsat när individen arbetar med ny information som kommer in från sensoriska minnet. Detta innebär att arbetsminnet kan ses som obegränsat när individen arbetar med kunskaper från långtidsminnet, vilket leder att det kan i dessa fall hantera större mängder av information från omvärlden (Sweller et al., 2011).

Ju mer kunskap individen har i långtidsminnet, desto mindre sannolikt är det att den kommer att behöva tillämpa slumpmässigt urval av lösningsmetoden (Sweller et al., 2011). Om slumpmässighet behöver användas kan tidigare kunskaper begränsa urvalet av lösningsmetoder, enligt Sweller et al. (2011). Sammanfattningsvis kommer detta troligen att leda till att individer med fler inlärd kunskaper kommer att klara av uppgiften bättre i jämförelse med andra individer (Sweller et al., 2011). Även Willingham (2018) tar upp att elever med djupgående kunskap kan se helheten i jämförelse med de som bara har ytliga kunskaper och bara kan se delar av helheten. Han förklarar även att det är mer utmanande att få djupare kunskaper eftersom elever behöver förstå hur abstraktion hänger ihop med exempel och också kunna förstå delarna var för sig (Willingham, 2018).

Automation av inlärd kunskaper

Willingham (2018) nämner att individen behöver automatisera kunskaper för att kunna hantera större utmaningar, det vill säga kunna utantill kunskaper från lägre kunskapsnivåer som individen redan har genomfört. Schneider och Shiffrin (1977) förklarar att det krävs väldigt lite av arbetsminnets kapacitet för att ta fram automatiserade kunskaper eller handlingar från långtidsminnet. Detta kan leda till att

de plockas fram utan att individen aktivt tänker på dem (Schneider & Shiffrin, 1977). Automation ger också förutsättningar för individen att fokusera på att planera sina strategier eftersom individens arbetsminne frigörs genom att den använder sig av automatiserade kunskaper (Kotovsky, Hayes, & Simon, 1985). Detta kan enligt Kotovsky et al. (1985) leda till att individerna löser problem snabbare när de inte behöver utforska dem lika detaljerat som individer utan automatiserade kunskaper.

Övning och repetition

Klingberg (2007) nämner att hjärnan formas genom övning, vilket ger individer möjlighet att lära sig nya kunskaper. För att nya kunskaper ska bli automatiserade behöver de övas in (Schneider & Shiffrin, 1977). Övning innebär att göra redan inlärd saker för att bli bättre på dem (Willingham, 2018). I ett experiment som gjordes av Shiffrin och Schneider (1977) visade det sig att det kan krävas många timmar att lära sig en automatiserad process. Ju fler repetitioner, desto starkare kommer de automatiska processerna vara (Shiffrin & Schneider, 1977). Sedan kommer det att vara svårt att ändra eller ta bort kunskaper som har blivit automatiserade (Schneider & Shiffrin, 1977).

Teorin om att sprida ut lärandet började redan på 1800-talet av psykologen Ebbinghaus som myntade begreppet spridningseffekt (Klingberg, 2011). Att det är fördelaktigt att sprida ut lärande över en längre tid har också Cepeda, Pashler och Vul (2006) tagit upp. De menar att det kommer att hjälpa elever att minnas kunskapen bättre när de arbetar med materialet i till exempel flera dagar istället för att lära sig allt på ett tillfälle (Cepeda, Pashler & Vul, 2006). Det kan också minska risken att övningen upplevs som tråkig (Willingham, 2018).

Willingham (2018) föreslår att man kan variera aktiviteter som övar samma kunskap. Han berättar också att det kan vara fördelaktigt att öva på mindre detaljer istället för slutgiltiga problem. Det kopplar Willingham (2018) till att det kan liknas vid en fotbollsträning där spelarna övar på moment för att bli bättre och inte bara spelar matcher mot varandra.

Själva repetitionen hjälper inlärd information förflyttas till långtidsminnet (Sweller et al., 2011). Utan repetition är det stor risk att inlärd information kommer att glömmas bort, oavsett om det var på låg eller hög nivå (Willingham, 2018). Även Bartlett (1932/1977) förespråkade att det var viktigt att underhålla kunskaperna med repetitioner för att ha möjlighet att bevara dem.

Lärarens roll

Läraren behöver vara medveten om att den kan drabbas av "kunskapsförbannelse" (Barton, 2018). Detta innebär att läraren har svårt att lära ut kunskapen som den har bemästrat eftersom läraren kan ha glömt bort vad som har varit svårt (Barton, 2018). Willingham (2018) pratar också om att arbetsminnet belastas dels när man lär sig skriva för hand och även när man lär sig skriva med tangenter, vilket lärare bör tänka på.

Kognitivt utmanande uppgifter

Hattie et al. (2017) beskriver att det finns en skillnad mellan en svår och en komplex uppgift. Svårighetsgraden anger hur mycket eleven behöver anstränga sig för att klara av den medan komplexiteten handlar om antal steg som eleven behöver genomföra eller nivån som eleven behöver tänka på (Hattie et al., 2017). Hur bra eleverna kommer att klara av komplexa uppgifter kommer att avgöras av hur väl inlärdas deras grundläggande kunskaper är eftersom komplexa uppgifter enligt Hattie et al. (2017) belastar kognitivt utrymme mer när elevernas kunskaper är svaga. Utöver det har det visat sig, i ett av experimenten som Kim (1999) utförde, att det tar längre tid för läsare att ta sig igenom texter som har indirekt information vilket Kim kopplade till att den kognitiva förmågan belastas mer i dessa texter.

Stein och Smith (1998) tar fram fyra olika nivåer för kognitivt krävande uppgifter. Det börjar med memorering som är minst kognitivt krävande. Sedan följer procedurer utan sammanhang där eleverna får använda inlärdas procedurer rakt av för att därefter utmanas på en högre nivå med procedurer med sammanhang som går ut på att eleverna ska hitta nyckelord i uppgiften som leder till en viss lösningsmetod. Den sista nivån som är mest kognitivt krävande är matematikanvändning där det inte finns angiven procedur som eleverna ska tillämpa, utan de får själva komma fram till hur uppgiften ska lösas. Stein och Smith (1998) anser att varje nivå utmanar tänkandet på olika sätt. För att konstruera rätt uppgifter som får eleverna att utveckla förmågan att kunna lösa problem och resonera, behöver man ta hänsyn till vad eleverna redan kan, deras tidigare erfarenheter, ålder, vilken nivå de befinner sig på och vad som förväntas av dem. De nämner även att det kan vara svårt för lärare att avgöra vilken nivå uppgifter är på. (Stein & Smith, 1998)

För att minska inneboende kognitiv belastning kan man isolera element och därmed uppnå minskad belastning på arbetsminnet (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998). Sweller et al. (1998) förklarar att det är också lättare för individer att förstå elementen var för sig eftersom de inte behöver behandlas alla samtidigt som elementen med hög interaktivitet. Det är främst elever som inte har tillräckligt med kunskaper som drabbas av hög kognitiv belastning när de löser uppgifter med hög element interaktivitet

(Sweller et al., 1998). Ayres (2001) studier har också visat att uppgifter med bara ett steg för svar gav upphov till minst fel och därmed tolkades de att ge upphov till minst kognitiv belastning. Dessa uppgifter kan ses som fördelaktiga att ha när nytt material presenteras (Ayres, 2001).

Mätning av kognitiv belastning

Elevernas prestation kan vara ett mått på hur mycket kognitiv belastning de upplever (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003). Studier från Ayres och Sweller (1990) Ayres (2001) hade visat att det var möjligt att tolka hur mycket arbetsminnet belastas genom att studera antal fel som individerna gjorde när de löste problem. Ayres och Sweller (1990) argumenterar för att högre kognitiv belastning kan leda till mer fel vilket också stärktes genom deras genomförda experiment där de undersökte om antal fel kunde kopplas till kognitiv belastning. Vidare har Campbell och Charness (1990) i deras studie diskuterat om att det är skillnad mellan fel som uppkom av överbelastat arbetsminne och räknefel. Enligt dem kommer fel från överbelastat arbetsminne att synas i form av slarvfel som till exempel bortglömda element eller att informationen missas att inkluderas in i lösningen. Räknefel har Campbell och Charness (1990) definierat som förståelsefel som bör förekomma på samma sätt i liknande uppgifter oberoende av svårighetsgrad. Ayres (2001) undersökte också vilket typ av fel som kunde observeras vid kognitiv belastning. Han, precis som Campbell och Charness, kom fram till att dessa fel kunde ses som slarvfel eftersom de inte uppkom kontinuerligt utan bara i mer utmanande uppgifter som individen genomförde.

Förutom antal fel kan även tid för genomförande och antal rätt lösta uppgifter vara ett mått på kognitiv belastning hos individer enligt Paas, Tuovinen, Tabbers och Van Gerven (2003). Antal rätt kan mätas både under genomförandet och även efteråt via insamlade lösningar. Den mentala ansträngningen kan däremot bara mätas under själva testtillfället (Paas et al., 2003). För att stärka slutsatserna om kognitiv belastning som individerna upplever via indirekta mätningar har Paas, van Merriënboer och Adam (1994) gett förslag på att komplettera studier med en mer direkt undersökning. Paas, van Merriënboer och Adam (1994) menar att genom att låta individer gradera uppgifter efter hur mentalt påfrestande de upplevde dem kan man få en uppfattning om individernas kognitiva belastning. I deras studier använde de sig av en 9-gradig skala där individerna fick ange hur mentalt belastande uppgifterna var enligt deras egna upplevelser. Hur frågan är formulerad kan dock ge upphov till olika svar (Van Gog & Paas, 2008). Van Gog och Paas (2008) menar att när man frågar eleven om vilken uppgift som var svår respektive vilken som var mer mentalt krävde kan eleverna ge olika svar.

2.2 Tidigare studier

Denna studie har tagit mycket inspiration från tidigare utförda studier. Här nedan beskrivs vad dessa studier har kommit fram till.

Studien som har jämfört olika skrivverktyg

I studien av Oviatt, Arthur och Cohen (2006), som gjordes på 20 frivilliga gymnasieelever, undersöktes hur olika skrivverktyg påverkade eleverna. Eleverna genomförde 4 uppgifter med fyra olika skrivverktyg. Totalt löste varje elev 16 problem. Studien tittade på elevernas resultat utifrån olika indelningar där de bland annat undersökte skillnaden i elevernas prestation beroende på om eleverna skrev med papper och penna eller på dator där de hade tillgång till både tangentbord och pennliknande interaktion. Oviatt et al. (2006) undersökte också om det förekom skillnader mellan låg och högpresterande elever. I gruppen med lågpresterande elever ingick de som befanns sig på låg till medelnivå och resten hamnade i högpresterande gruppen. Alla elever fick testa på alla skrivverktyg som undersöktes i studien innan den genomfördes. (Oviatt et al., 2006)

Med stöd i KBT, Kognitiv Belastnings Teori, beskrev Oviatt et al. (2006) att genom användning av gränssnitt som påminner om vad eleven är van vid kan man minska kognitiv belastning. De nämner att det också var viktigt att tänka på att eleven ska fokusera på matematik och inte annat i programmet för att undvika distraktion. Enligt KBT, som studien tar upp, ökar kognitiva belastningen i takt med att problemen stiger i svårighetsgrad.

Studien av Oviatt et al. (2006) stärkte kognitiv belastnings-hypotesen om att elever presterar bättre när de får använda verktyg som de är vana vid. Det visades också att ju svårare problemen är desto sämre presterar elever. Det tog för eleverna 16% mer tid för att lösa problem via dator där även antal fel ökade med ca 6%. Studien visade även stora skillnader mellan hög- och lågpresterande elever. Högpresterande elever fick färre fel när de svarade på dator medan lågpresterande fick nästan dubbelt så många fel i jämförelse med när de använde papper och pennan. Genom ett minnesprov efter att eleverna slutförde uppgifterna visade studien att det förekom även små skillnader i hur bra eleverna mindes problemen efter avslutade problem. Lågpresterande elever hade en aning svårare att komma ihåg problem när de gick över till dator medan högpresterande hade en näst intill omärkbar förbättring (Oviatt et al., 2006).

Efter det praktiska momentet, i studien av Oviatt et al. (2006), fick eleverna fylla i en enkät där det framgick att mer än hälften av alla elever använde pennliknande interaktion på dator när de fick välja mellan det och tangenter. Elever svarade också att de kunde bli distraherade av det klickande ljud som tangenter skapade i klassrummet

och att det kunde ta längre tid att skriva på dator. Utöver det, saknade eleverna möjligheten att kunna rita bilder för sig själv för att förstå problem bättre. När eleverna fick svara på vad de skulle helst skulle vilja använda för att få så bra resultat som möjligt, visade det sig att trots att lågpresterande hade sämre resultat med dator var det alternativet mest önskad till skillnad från alla högpresterande elever som helst ville använda papper och penna (Oviatt et al., 2006).

En av studiens slutsatser är att det är felaktigt att tro på att digitala verktyg direkt kommer att leda till förbättringar utan några som helst konsekvenser. De kanske kan till och med öka skillnader mellan elever som befinner sig på olika kunskapsnivåer (Oviatt et al., 2006).

Andra studier som har jämfört olika skrivverktyg

I en annan studie av Oviatt (2007), deltog 16 frivilliga gymnasieelever. De arbetade med uppgifter i fyra olika svårighetsgrader och också med olika skrivverktyg till exempel papper och penna och datorer med pennliknande interaktion. Studien delade också in eleverna utifrån deras prestationsnivå. I resultatet visade det sig att de högpresterande elever hade mer förståelse för att de skulle rita diagram för att kunna lösa svårare problem medan de lågpresterande behövde hjälp med att förstå vad de skulle göra. Med stöd av erhållet resultat visade studien av Oviatt (2007), att metakognitiv förmåga försämras vid användning av datorer.

Ytterligare en studie utförd av Oviatt (2013) där 23 frivilliga kandidatstudenter deltog, visade att studenternas slutsatser var mer korrekta med pennan än dator. De hade också mest fel vid användning av dator. Studien kom fram till att när processer blir automatiserade belastas arbetsminne mindre vilket öppnar upp möjlighet att tänka på högre nivå (Oviatt, 2013).

3. Metod

I detta kapitel beskrivs tillvägagångssättet för hela arbetet. Den börjar med en övergripande beskrivning för att sedan mer i detalj redogöra hur de olika delarna har skapats och genomförts.

3.1 Arbetsprocessen

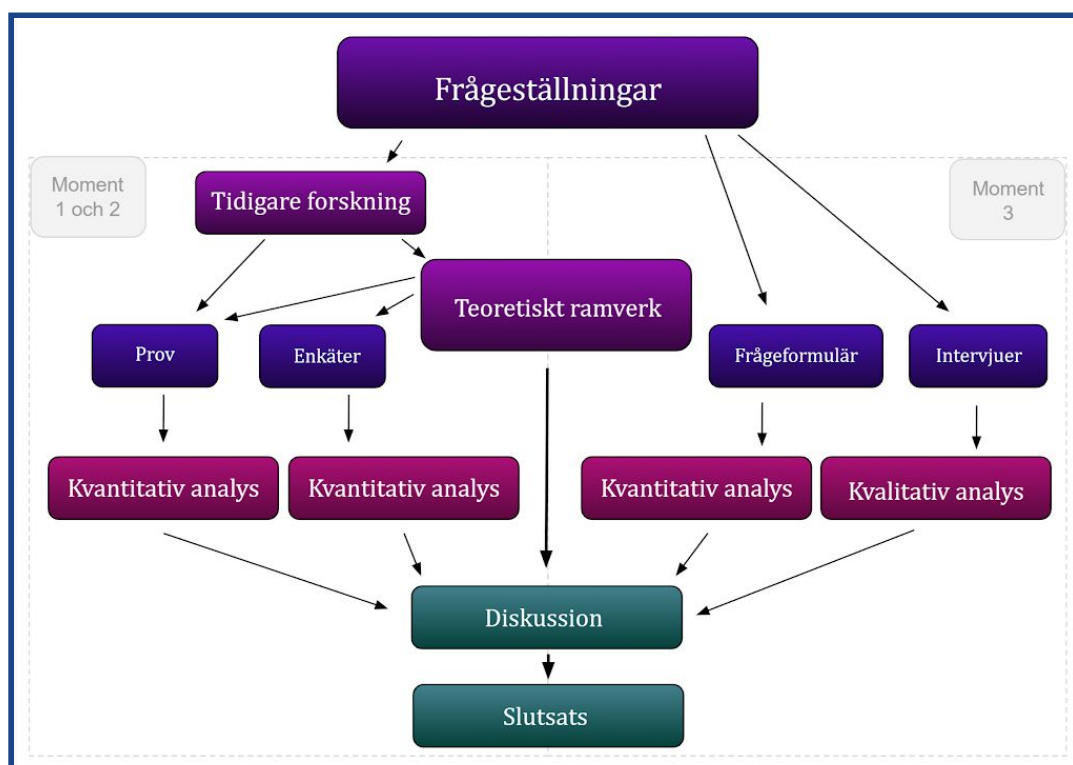


Bild 3.1.1: Flödesschemat över hela arbetet. Moment 1 och 2 stod för den undersökande delen i arbetet och Moment 3 för utvecklingsdelen. Tid representeras uppifrån och ned.

Arbetsprocessen för detta exjobb utgick från framtagna frågeställningar och delade in arbetet i moment 1,2 och 3, se bild 3.1.1. Moment 1 och 2 fokuserade på att besvara den första frågeställningen *Hur påverkar det digitala skrivandet elevernas lösningar i uppgifter inom ett matematiskt område?* De gick ut på att samla in data från två prov som eleverna gjorde. Moment 1 står för första provet och moment 2 för andra provet som eleverna gjorde. Utveckling av moment 1 och 2 började med att undersöka tidigare liknande studier som hade fokuserat på att undersöka hur digitala hjälpmedel påverkade elevernas prestation. Sedan utvecklades uppgifterna med stöd från teoretiskt ramverk. Insamlade data bearbetades därefter genom kvantitativ analys.

Moment 3 skulle besvara två frågeställningar. Den första var: *Vilka utmaningar kan lärare stöta på när introducerar digitalt skrivande?* För den samlades först data via en

frågeformulär på internet. Sedan genomfördes intervjuer med elever och lärare. Frågorna till lärare undersökte deras erfarenheter av att ha elever i klassrummet som tillämpar digitalt skrivande när de arbetar med matematik. Frågorna till eleverna undersökte vad eleverna hade för tidigare erfarenheter och deras åsikter om att arbeta digitalt med matematik. Resultat från intervjuer jämfördes med teoretiska ramverket och analyserades med kvalitativ analys. Den andra frågeställningen var: *Hur kan rekommendationer till lärare se ut vid införande av digitalt skrivande i matematikundervisningen baserad på elevers upplevelser och lärarnas erfarenheter, empiriskt material och teoretiska ramverk?* Diskussionen från första frågeställningen i moment 3 blev till stöd för denna utvecklade del av arbetet.

Alla moment utvecklades parallellt med varandra och genomfördes vid samma tidsintervall. Redan i början av arbetet startade rapportskrivningen, först med stödpunkter för relevant information att undersöka som sedan utvecklades till mer innehållsrik text.

3.2 Moment 1 och 2, matematikuppgifter

3.2.1 Inför undersökningen

Idéen till moment 1 och 2 har kommit från granskningen av tidigare studier från Oviatt, Arthur och Cohen (2006) och Oviatt (2007), *se tidigare studier i litteraturstudien*. Med inspiration från Hattie et al. (2017) hade uppgifterna i den undersökande delen av arbetet baserats på komplexa problem för att undersöka den kognitiva aspekten. För moment 1 togs fyra uppgifter fram och för moment 2 fem för att båda momenten skulle innehålla samma totala antal poäng. Uppgifterna representerade de olika kognitiva nivåer som Stein och Smith (1998) hade tagit fram, *se kognitivt utmanande uppgifter i litteraturstudien*.

Sammanvävning av kunskapskraven för matematik 2c och Stein och Smith kognitiva kravnivåer

Enligt kunskapskraven på Skolverket (u.d.) för matematik 2c i jämförelse med kognitiva kravnivåer, kan elever på E-nivå endast klara av uppgifter med låga kognitiva krav. Elever på C-nivå ska kunna klara av uppgifter som kräver högre kognitivt tänkandet där procedurer finns givna eller går att hitta med hjälp av förståelse som eleven behärskar. De allra högst utmanande uppgifterna kräver komplexa resonemang vilket bara kan behärskas av elever som ligger på A-nivå. (Skolverket, u.d) Sambandet mellan kunskapskrav för matematik 2c och kognitiva nivåer presenteras i tabell 3.2.1 nedanför.

Kunskapskrav från Skolverket	Kognitiv kravnivå som eleverna bör klara av
<p>För E:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enkla tolkningar - Få begrepp - Modeller ska vara givna - Kan resonera på lättare nivå - Utmanas med uppgifter som eleven känner igen - uppgifter ska kunna lösas med enkla procedurer 	1, enkla 2
<p>För C:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kan tolka avancerade uppgifter som innehåller flera begrepp - kan samband mellan begrepp - eleven kan själv välja passande modell för lösning - kan resonera på djupare nivå och utifrån flera perspektiv - Kan lösa standarduppgifter - behärskar flera procedurer 	1, 2, enkla 3
<p>För A:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kan tolka komplexa problem - Har djupare förståelse för begreppens samband med varandra - Har förmågan att arbeta med komplexa uppgifter - Kan hitta samband i komplexa uppgifter - kan vidareutveckla sitt resonemang - kan lösa standarduppgifter med effektiva metoder 	Alla 4

Tabell 3.2.1: Beskriver sambandet mellan kunskapskrav för matematik 2c och kognitiva kravnivåer som elever bör klara av.

Nivån på uppgifter

Uppgifter som eleverna genomförde finns i bilaga. För att få in så många lösningar som möjligt sänktes den kognitiva kravnivån på uppgift 2 för att elever på E-nivå skulle ha möjlighet att klara av dem. Kognitiv nivå 3-uppgifter skulle klaras av eleverna på minst C-nivå och den sista uppgiften skulle klaras av eleverna på A-nivå. Detta upplägg har gjorts för få bättre underlag för senare jämförelse mellan moment 1 och 2. Vidare i tabell 3.2.2 presenteras vad uppgifterna skulle innehålla.

Uppgift	Kognitivt krav	Nivå på elever som förväntas att klara av uppgiften i denna studie
1	Lågt kognitivt krav som bygger på memorerade kunskaper som bara kan lösas på ett sätt utan utrymme för egna tolkningar. (Smith & Stein, 1998)	Alla elever ska klara av den
2	Lågt kognitivt krav där eleverna använder given procedur i form av räkneuppgift som inte ger möjlighet för egen tolkning. (Smith & Stein, 1998)	Alla elever ska klara av den
3	Högt kognitivt krav där eleverna behöver göra tolkningar av given information som presenteras i både bild och text. (Smith & Stein, 1998)	Elever på C- nivå ska klara av den.
4	Högt kognitivt krav som utmanar elevernas komplexa tänkande och lösas utan algoritm. Det finns ingen given metod utan eleven ska själv komma på lösningsstrategi. (Smith & Stein, 1998)	Elever på A- nivå ska klara av den.

* I min studie.

Tabell 3.2.2: Presenterar vad uppgifterna innehåller samt vilka elever förväntas klara av dem.

Avsnitten i matematik 2c kursen som moment 1 och 2 behandlade baserades på områden som alla fyra gruppen var klara med att gå igenom. I tabell 3.2.3 nedan presenteras vilket område som varje uppgift var på respektive moment. Uppgifterna 1 till 3 motsvarade lika många poäng mellan moment 1 och 2 och togs från *kunskapsmatrisen.se*. Eftersom det inte var möjligt att hitta två uppgifter som hade lika många önskade poäng och låg på samma kognitiva nivå i samma avsnitt, blandades avsnitten mellan moment 1 och 2. Detta gjordes för att minska att totala resultatet skulle påverkas av ämnesinnehållet i respektive moment.

Uppgift	Moment 1 (Kapitel: Avsnitt)	Moment 2 (Kapitel: Avsnitt)
1	Algebra, faktorisering och förenkling: Konjugat- och kvadreringsreglerna	Andragradsekvationer: Problemlösning och andragradsekvationer
2	Andragradsekvationer: Rotekvationer	Algebra, faktorisering och förenkling: Konjugat- och kvadreringsreglerna
3a	Andragradsekvationer: Andragradsfunktioner och grafer	Andragradsekvationer: Rotekvationer

3b	<i>Andragradsekvationer:</i> Andragradsfunktioner och grafer	<i>Andragradsekvationer:</i> Problemlösning och andragradsekvationer
4	<i>Andragradsekvationer:</i> Problemlösning och andragradsekvationer	<i>Andragradsekvationer:</i> Problemlösning och andragradsekvationer

Tabell 3.2.3: Presenterar området i kursen som uppgifterna var på respektive moment. Två av uppgifter tillhörde annat avsnitt eftersom det fanns ingen mer passande uppgift tillgängligt.

Enkäter

För att få en bättre uppfattning om elevernas kognitiva belastning (Paas, van Merriënboer och Adam (1994), *se mätning av kognitiv belastning i litteraturstudien*, skapades enkäter. Syftet med dem var att bidra till den direkta mätningen av den mentala ansträngningen hos eleverna när de genomförde prov. Tanken var att eleverna skulle besvara enkäten i samband med att de löser uppgifterna eftersom den mentala ansträngningen kunde enligt Paas, Tuovinen, Tabbers och Van Gerven (2003) bara mätas under den tiden som eleverna utför momenten.

Enkäten bestod av slutna frågor där elever skulle kryssa i hur jobbigt de upplevde att uppgifterna var. Ordet "jobbigt" användes för att efterlikna vardagsspråkets motsvarighet till ordet "mentalt utmanande" (Van Gog och Paas, 2008), *se mätning av kognitiv belastning i litteraturstudien*, för att eleverna lättare skulle kunna bedöma sina upplevelser. Svartalternativen bestod av fem nivåer från inte alls jobbigt till för jobbigt. Det fanns även möjlighet att kryssa i vet ej eftersom det enligt Bryman (2018) var det fördelaktigt att ge respondenter denna möjlighet.

Eftersom moment 1 och 2 skulle göras på distans inkluderades enkäten i provet som eleverna gjorde, *se bild 3.2.1 nedan*. Detta ledde till att eleverna fick besvara hur jobbigt en uppgift var direkt efter att de hade genomfört uppgiften.

c) Hur jobbigt upplevde du att det var att lösa hela uppgiften?

Inte alls jobbigt

Lite jobbigt

Jobbigt

Våldigt jobbigt

För jobbigt

Vet ej

Bild 3.2.1: Exempel på hur enkäten inkluderades i en uppgift som bestod av en a) och en b) fråga.

3.2.2 Datainsamling för moment 1 och 2

Data som samlades in bestod av elevernas lösningar, enkät om deras upplevelse och tid som eleverna spenderade för att lösa uppgifterna.

Genomförande

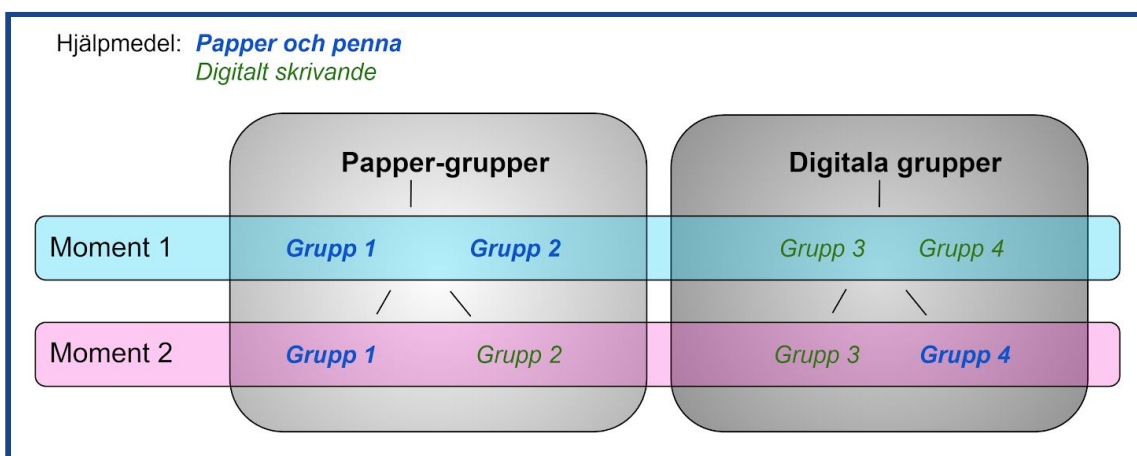


Bild 3.2.2: Visar vilka hjälpmedel skulle grupperna hade respektive moment.

I undersökningen ingick frivilligt 96 elever från fyra gymnasieklasser som parallellt läste matematik 2c på samma skola men med fyra olika lärare. Två av klasserna arbetade med fysiska böcker på lektionen och hade de flesta prov i pappersform. Dessa två klasser har döpts till *Papper-grupper* i denna undersökning och har döpts om till grupp 1 och 2. De andra två klasserna arbetade med digital litteratur och arbetade oftast med uppgifter via datorer, på vilka de också gjorde prov. Dessa två klasser har i denna undersökning döpts till *Digitala grupper* och har döpts om till grupp 3 och 4. Det förekom en skillnad mellan grupp 3 och 4 som var att några elever i grupp 3 hade

tillgång till fysiska böcker enligt överenskommelse med läraren. Fördelning av eleverna presenteras i tabell 3.2.3 nedan.

	Grupp 1	Grupp 2	Grupp 3	Grupp 4
Verktyg för skrivandet i matematikundervisningen	Papper och penna		Digitalt skrivande	
Antal elever	21	22	30	23

Tabell 3.2.3: Eleverna som deltog i undersökningen. Elever som bara hade genomfört ett av momenten togs bort från studien för att möjliggöra jämförelsen av elevernas prestation mellan moment 1 och 2.

Anpassningen till skolan ledde till att grupperna gjorde prov på distans vid olika tidpunkter och hade olika lång tid mellan moment 1 och 2. Alla elever i undersökningen genomförde båda momenten. Elevernas lösningar samlades in på två sätt beroende på om de gjorde provet digitalt eller på papper. Tiden som det tog för varje elev att göra provet registrerades.

När eleverna gjorde prov med papper och penna användes sidan *exam.net*. Eleverna fick se uppgifter på skärmen och utföra lösningar på eget papper hemma. När de var klara fick de stänga ned provet och i samband med det registrerades inlämningstiden. Sedan fick eleverna fota sina lösningar och mejla dem till läraren.

När eleverna gjorde provet digitalt användes hemsidan *kunskapsmatrisen.se*. Eleverna fick se uppgifterna på skärmen och svara i en svarsruta under respektive uppgift. Här fick eleverna möjlighet att använda en digital penna som gav dem möjlighet att skriva sina lösningar för hand direkt på skärmen. När eleverna var klara stängde de provet och i samband med det registrerades inlämningstiden. Elevernas svar sparades direkt på hemsidan.

3.2.3 Databehandling

Eleverna kodades för att göra det möjligt att jämföra deras resultat mellan moment 1 och 2. Detta gjorde att man inte behövde ta hänsyn till skillnader i kunskapsnivå mellan grupperna eftersom studien jämför samma elevs lösningsförmåga och struktur på arbetet mellan de två momenten.

T-test

För att kontrollera att resultatet inte beror på tillfällighet användes t-testet (Denscombe, 2011). T-testet fördel är att det kan tillämpas på studier med få deltagare och undersökta grupper behöver inte ha samma antal deltagare (Denscombe, 2011).

Signifikansnivån som anges som p-värde, α , behöver vara under 0,05 för att resultatet ska räknas som statistiskt signifikant. Detta innebär att det hamnar i de röda zonerna i bild 3.2.3 nedan. Om det överstiger den gränsen kan resultatet ha uppstått av en slump (Denscombe, 2011).

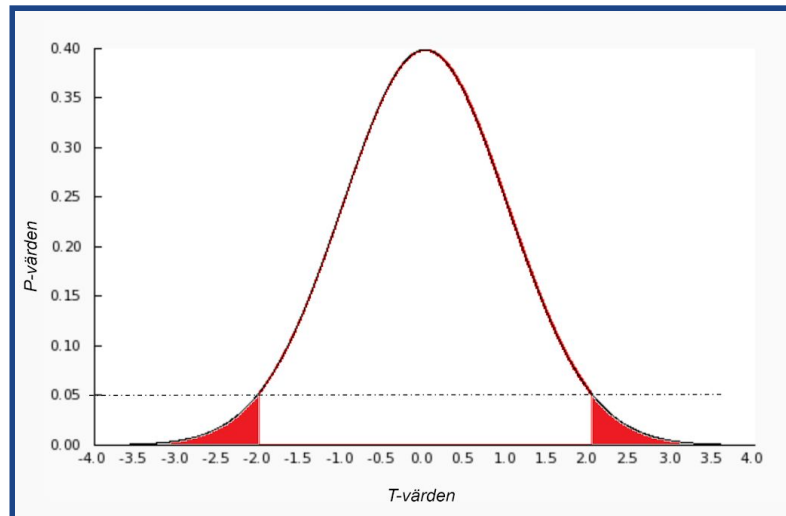


Bild 3.2.3: Exempel på en t-fördelningskurva. För att resultatet ska räknas som pålitligt och inte uppkommet av en slump, det vill säga vara statistiskt signifikant, ska statistiska t-värdet befinna sig i det ifyllda röda området. Bilden är redigerad och ursprungligen tagen från Mathcracker (2020) för två sidors t-test med inställningar: frihetsgrad 20 och statistiska t-värdet $-2 \leq t_{\text{statistiska}} \leq 2$.

För beräkning av statistisk signifikans används parat t-test, *paired t-Test*, eftersom resultatet som jämförs från moment 1 och 2 tillhör samma elever (Ross, 2014). Man börjar med att utgå från två hypoteser, nollhypotes H_0 och motsatsen till den H_1 . Nollhypotesen H_0 är att det inte har skett någon förändring av medelvärdet μ (Ross, 2014). Det vill säga:

$$H_0 : \mu_{\text{moment 1}} = \mu_{\text{moment 2}}$$

och den alternativa hypotesen H_1 där det har skett förändring som har gjort att medelvärden från moment 1 och 2 är inte samma:

$$H_1 : \mu_{\text{moment 1}} \neq \mu_{\text{moment 2}}$$

Här används tvåsidigt test, *two tails test*, eftersom det inte är specificerat vilket medelvärde som kommer att vara störst. Sedan är p-värdet $\alpha = 0,05$ och frihetsgraden bestäms av $n - 1$ där n är antal elever i den undersökta gruppen. t-Värdet kommer att räknas ut genom följande formel (Ross, 2014):

$$t_{\text{statistiska}} = \frac{\overline{W}}{\sqrt{\frac{n \cdot \overline{W}^2 - (\overline{W})^2}{n-1}}}$$

\overline{W} är summan av alla elevernas skillnader i resultat mellan moment 1 och 2. Den kritiska t-värdet $t_{\text{kritiska värdet}}$ fås från statistisk tabell för t-värden. Eftersom det är två sidors test läses av värdet där $\alpha = 0,025$ och n blir antal elever i gruppen som beräknas minus ett (Ross, 2014). Det statistiska t-värdet beräknades via formel ovan där tecknet kommer att visa om den ligger i vänstra eller högra änden av normalfördelningskurvan. Villkor för att nollhypotesen ska stämma är att det statistiska t-värdet ska vara mellan det negativa och det positiva kritiska t-värdet (Ross, 2014). I fall där det inte stämmer kommer p-värdet att vara $< 0,05$ och därmed är resultatet statistiskt signifikant. För att ta reda på vad p-värdet är slår man upp tabell över t-värden och jämför det beräknade statistiska t-värdet med värden i tabellen (Ross, 2014).

Eftersom det kan vara svårt att få ut ett exakt p-värde utförs t-testet i Excel där programmet räknar ut exakta p-värdet efter att man har ställt in hur många sidor och vilken typ av t-test som ska köras. Eftersom vissa elever kunde få högre resultat på moment 2 medan andra lägre kunde man inte avgöra på förhand om det statistiska t-värdet skulle befinna sig i vänstra eller högra delen av t-fördelningskurvan. Detta ledde till att två sidors t-test valdes. Sedan på grund av att det fanns en relation mellan resultat i moment 1 och 2 användes inställning för typ 1. Den innebär att det är samma personer som ingår i data från moment 1 som i moment 2.

Uteblivande indelningar och mätningar

Elevernas senaste betyg i matematik var från grundskolan och var över 10 månader gamla. Detta ledde till att eleverna inte kunde delas in i låg- och högpresterande eftersom det gamla betyget inte skulle stämma överens med elevernas nuvarande kunskapsnivå. Denna indelning kunde inte heller göras utifrån elevernas resultat från moment 1 eftersom det var för få uppgifter för att kunna ge en verklig representation av elevernas kunskapsnivåer.

Fördelningen mellan pojkar och flickor var ojämn mellan grupperna för att genomföra jämförelsen av resultatet beroende på elevernas kön. Till exempel en av grupperna hade bara 9% tjejer vilket inte kan ge en representativ slutsats av elevernas påverkan av skrivverktyg.

Kladdpapper som eleverna eventuellt hade när de genomförde moment 1 och 2 hade kunnat visa vad det var som eleverna valde att inte lämna in, speciellt när de utförde

momenten digitalt. Dock, på grund av att moment 1 och 2 genomfördes på distans blev det inte möjligt att samla in dessa kladdpapper.

För att begränsa studien förekom det ingen grupp som saknade tillgång till digitalpennan vid digitala prov. Hur eleverna presterar digitalt när de har tillgång till digitala pennan respektive inte kan undersökas vidare i framtida studier.

Mätning av resultat

Elevernas lösningar rättades enligt tabellen som finns i *Bilagan*. Lösningarna med penna och papper rättades på samma sätt som de digitala, utan några avvikelser. Resultat från moment 1 jämfördes med moment 2 för att ge en bild över elevernas prestation där försämrat resultat kunde indikera på en högre kognitivbelastning (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003), *se mätning av kognitiv belastning i litteraturstudien*. Enligt Ayres och Sweller (1990) kunde ökande antal fel också tolkas som en förhöjd kognitivbelastning.

För att möjliggöra jämförelser mellan moment 1 och 2 på individnivå kodades eleverna. På detta sätt kunde man koppla samman resultat från moment 1 och 2 för varje elev som deltog i undersökningen. Avvikande resultat analyserades vidare genom att undersöka om dessa uppkom i samband med högre kognitiv belastning det vill säga slarvfel som inte uppstod på grund av kunskapsbrist till exempel missade tecken (Campbell & Charness, 1990). Dessa slarvfel kommer att uppstå i mer utmanande uppgifter utan att följa ett mönster med andra fel som eleven gör i samma eller andra uppgifter (Ayres, 2001).

För analysen av den direkta undersökningen analyserades svar från enkäten. Elevernas svar kodades från 0 till 4 (*se tabell 3.2.4 nedan*) där blanka och "vet ej" svar togs bort eftersom det inte var möjligt att sätta ett värde på dem. Anledningen till att de översattes till siffervärden är för att göra det möjligt att jämföra värden med varandra.

Åsikt	Inte alls jobbigt	Lite jobbigt	Jobbigt	Väldigt jobbigt	För jobbigt
Värde	0	1	2	3	4

Tabell 3.2.4: Visar hur åsikterna översätts till siffror.

Genomsnittsvärden räknades ut genom att ta medelvärdena av data som hade liten spridning mellan resultat (Denscombe, 2018). I fall där det förekom stor spridning i data togs median istället för genomsnittsvärdet eftersom enligt Denscombe (2011) ger den möjlighet till att bortse från extrema avvikelser. Det hände till exempel i undersökningen av elevernas resultatavvikelse i poäng där det var ojämn spridning av elevernas kunskapsnivåer mellan grupperna. Hur genomsnittsvärdet beräknades gällde

för alla beräkningar inom samma tabell det vill säga, det förekom ingen blandning av medianvärden med medelvärden.

Eftersom data för både direkt och indirekt insamling bestod av siffror gjordes kvantitativ analys (Denscombe, 2011). Den typen av analys gör det möjligt att bland annat snabbare jämföra olika mätvärden och presentera dem i form av olika diagram som kan underlätta förståelse för olika samband (Denscombe, 2011). Det är dock viktigt att ha en plan för vad som ska undersökas för att inte drabbas av dataöverlastning (Denscombe, 2011).

Mer ingående undersökning

Vid stor avvikelse från mängden analyserades lösningar mer ingående för att se om det berodde på kognitiv belastning. Enligt Barton (2018) kan dessa fel synas tydligast på slutet av uppgifter där eleven enligt teorin ska uppleva störst påfrestning.

3.3 Moment 3, Frågeformulär och Intervjun

3.3.1 Frågeformulär

För att undersöka om digitalt skrivande faktiskt kan räknas som en utmaning som gymnasielärare tänker på, gjordes ett frågeformulär på internet. Den delades i en Facebook grupp för matematiklärare. Formuläret bestod av två frågor där i den första fick lärare fylla i på vilken nivå de lär ut för att ta bort de som inte var på gymnasienivå. Den andra frågan var: *Vilka utmaningar kan du se när prov i matematik ska genomföras digitalt?* Frågan var öppen för att ge möjlighet för lärare att skriva fritt vad de tänker på. Frågeformuläret var anonymt utan möjlighet att spåra tillbaka till personer som deltog.

Anledningen att det blev just frågeformulär på internet var att enligt Denscombe (2017) var det, bland annat, ett snabbt och enkelt sätt att få in data. En av nackdelarna som hade kunnat uppstå här var att det inte går att kontrollera att de som svarar verkligen var gymnasielärare.

3.3.2 Inför intervjun utförandet

I intervjun ingick fyra elever och två lärare från digitala grupper som deltog i moment 1 och 2 för att få in åsikter från individer som använder digitalt skrivande i samband med

matematik. Intervjufrågor för lärare och elever skiljdes åt där fokus hos elever var deras uppfattningar om användning av digitalt skrivande medan hos lärare låg fokus på deras upplevelser av undervisning där elever använde digitalt skrivande i matematik. Se bilaga för intervjufrågor. Tanken med intervjuer var att jämföra åsikter från individer med framtagna litteratur. Dels för att styrka teorin som presenteras i litteraturstudien och dels för att se om det förekommer avvikelser från den.

Konstruktion av intervjun och frågor

Intervjun, i detta arbete, består av öppna frågor eftersom enligt Bryman (2018) får man ut både mest information från respondenten och även kommer åt information som inte går att nå via slutna frågor. Nackdelen med öppna frågor är att de tar längre tid att analysera och kan också försvåra analysen (Bryman, 2018).

För att minska risken att intervjun skulle gå över tid hade man avsatt tid med extra marginal vid bokning av tider med respondenter. Grundläggande tiden för att besvara alla frågor beräknades till 20 till 25 minuter vilket gav bokad tid på 40 minuter.

Frågornas innehåll

Frågorna behöver vara utformade med koppling till syftet och frågeställningen eftersom onödiga frågor skulle ta tid från de mer relevanta (Bryman, 2018). Bryman (2018) nämner att det är viktigt att kontrollera att frågorna täcker in alla delar för att inte missa något som upptäcks efterhand. Det kan också vara givande att fundera på hur man själv skulle besvara frågor för att se om det är möjligt att få information som man letar efter (Bryman, 2018).

För att undvika att frågor kan tolkas på olika sätt ska de varken vara generella eller ha mångtydiga termer, till exempel "regelbundet" och "ofta" (Bryman, 2018). Man ska även undvika ledande frågor eftersom de kan ge en falsk bild för vad respondenten verkligen tycker. Bryman (2018) nämner att korta frågor utan "och" med avsikten att minska risken att frågan inte besvaras på ett givande sätt för insamlingen av data. Sedan är det viktigt att frågorna är på nivån som respondenten klarar av och skrivna med ord som den behärskar. (Bryman, 2018)

Pilotstudien

För att kontrollera frågorna har en pilotstudie genomförts. Pilotstudien ger möjligheten att se hur frågorna upplevs och om frågorna kommer att ge svar på det som man letar

efter (Bryman, 2018). Här finns det även möjlighet att öppna slutna frågor för att se om de tänkta alternativ är tillräckliga eller om de behöver kompletteras (Bryman, 2018).

Enligt Bryman (2018) behöver pilotstudien genomföras på personer som inte kan ingå i undersökningen därmed har frågorna testats på ett par studenter på Kungliga Tekniska högskolan och Stockholms Universitet. Tanken var att de skulle tänka kritiskt på frågorna, se om de hängde ihop och kontrollera att de har fått tillräcklig information inför intervjun.

Efter pilotstudien modifierades frågor. För lärare har de blivit mer specifika, till exempel frågan:

har du sett någon förändring över tid?

utvecklades till:

Har ni sett någon förändring över tid i elevernas arbete digitalt i matematik? (Från när de har börjat jämfört med några månader efter)

Frågor till elever där det var möjligt att svara *ja/nej* fick följdfrågor för att få elever att berätta mer. Till exempel frågan: *Har du börjat skriva mer på dator sen du började på gymnasiet?* fått följdfråga: *I vilka sammanhang har det blivit mer?*

Eftersom elevernas frågor hade modifierats mest provades de ytterligare en gång i pilotstudien för att säkerhetsställa att förändringen ledde till förbättring och också för att få en mer uppdaterad uppskattning för hur lång tid de skulle ta.

3.3.3 Datainsamling

Datainsamlingen skedde på distans via telefonsamtal, zoom och Google teams beroende på vad respondenten föredrog. I intervjun ställde upp två gymnasielärare i matematik som hade erfarenhet med att ha klasser som skriver digitalt samt tre elever från klasser som tillämpade digitalt skrivande. Genom att intervjun skedde på distans gav det möjlighet för respondenten att frivilligt välja om den skulle ha video på eller inte. Detta enligt Denscombe (2017) kunde minska risken att intervjuaren känner obehag om frågorna upplevs som känsliga för den.

Inför intervjun skrevs nyckelord ned för att säkerhetsställa att man får med viktig information för studien om frågorna skulle ändras under intervjuns gång.

3.3.4 Databehandling

Tillvägagångssätt låg grundad i teori vilket enligt Denscombe (2018) ledde till att texten behövde granskas och kategoriseras för att kunna jämföras med framtagen teori. Sedan

identifierades användbara teman som kunde användas för besvarandet av frågeställningen. Analytisk kodning grundades på åsiktsriktningar. (Denscombe, 2018)

Anledningen till att intervjuer utformades som kvalitativ studie var dels för att insamlad data bestod av ord och också att trots få antal deltagare skulle den enligt Denscombe (2018) att ge värdefull information. Detta beror på att det blir möjligt att genomföra undersökningen på djupare nivå och även få en mer tydlig bild över verkligheten eftersom det finns både utrymme för variation och även motsägelser som kommer från den sociala verkligheten. Nackdelar är dock att det är en liten studie som kommer att ta tid att analysera eftersom innan analysen kan ske behöver insamlade data kodas. (Denscombe, 2018).

Kvalitativ analys möter utmaningar i trovärdigheten eftersom datainsamlingen är oftast liten och den är svår att återskapa exakt (Denscombe, 2018). Denscombe (2018) pratar om att det gäller att inte försumma data som kan avvika från önskad analys. Man behöver också undersöka forskningen som säger emot teorin som man har fokuserat på för att visa en bredare bild över ämnet (Denscombe, 2018).

Inför intervjun togs nyckelord fram för att hålla koll på att man får in all sökt information. Dessa nyckelord fungerade som axiell kodning (Denscombe, 2014). Sedan när intervju började bearbetas användes öppen kodning som sedan kategoriseras in i större rubriker, selektiv kodning, som har skapats efter genomförda intervjun (Denscombe, 2014). Framtagna nyckelkomponenter skapade teman som analyserades vidare tillsammans med framtagen teori i litteraturstudien.

3.4 Felkällor och påverkan av Covid-19

All datainsamling för detta arbete skedde på distans eftersom gymnasieskolan hade övergått till distansundervisning på grund av Covid-19. Detta ledde till exempel till att det inte gick att kontrollera att eleverna fyller i enkäten klart om deras upplevelse av uppgifterna. Sedan kan det ha funnits möjligheter till fusk men eftersom elevernas resultat jämförs med deras egna från tidigare moment ska eventuellt fusk att inte ha påverkat helheten. Alla elever har haft samma förutsättningar och därmed hade lika stora möjligheter till att använda otillåtna hjälpmedel. Det finns dock en liten bestående felkälla där eleverna kan ha skickat runt lösningar till varandra. Detta syntes genom att en av uppgifterna hade fel i facit men det förekom många svar från elever utan lösningar som angav just det felaktiga svaret. Med siffror i uppgiften var det inte möjligt att komma fram till det felaktiga svaret om eleverna hade gjort uträkningar.

Det kan ha förekommit brist på motivation hos elever i utförande av prov eftersom de visste att de inte skulle tas med som betygsunderlag. Det har också förekommit

kommentarer i lösningar från eleverna som tydde på att de hade andra inlämningar som de behövde göra vilket ledde till att de valde att inte fullfölja moment 2.

Det kan ha förekommit mindre fel i mätningen av tiden eftersom det kan ha varit fördröjning mellan att eleverna var klara och när de tryckte på att lämna in provet. Hos grupper som genomförde provet med papper har det förekommit att eleverna hade mejlat in lösningar och glömt att avsluta provet. Dessa elevers tider togs inte med i beräkningen av tidens medelvärde.

Eleverna kan ha haft varierande förutsättningar när de utförde moment 2. Det har kommit fram att grupp 1 hade redan två matte lektioner innan moment 2 vilket kan ha lett till att eleverna inte presterade lika högt som de hade kunnat. Hur stor påverkan grupp 1 hade framgick inte tydligt i elevernas lösningar. Vid borttagning av blanka svar i moment 2 för denna grupp skedde ingen markant skillnad i resultatet.

Miljön hemma kan ha stört elevernas koncentration. Det fanns ingen möjlighet att också kontrollera att eleverna inte satt tillsammans när de gjorde provet. Visa svar från eleverna gav en indikering på att eleverna kan ha samarbetat under genomförande av moment 1 och 2.

Detta arbetet genomfördes enskilt och därmed kan den mänskliga faktorn ha spelat roll i hur uppgifterna har rättats. Det kan ha förekommit mindre fel eftersom det inte finns en partner som kontrollerar i detalj att allt stämmer.

Intervjun skedde också på distans men det har inte kommit fram något förhinder som de hade orsakat. Det enda kan ha varit att det kanske hade varit fler elever som var villiga att ställa upp på intervjun om de skedde på skolan.

Från intervjun med elever har det kommit fram att det kan ha förekommit elever som glömde att använda digitala pennan när de utförde momenten. Det kan ha bidragit till att färre elever använde digitala pennan än vad de skulle ha gjort i vanlig provsituation. Eftersom alla elever har fått hem digitala pennorna går det inte att kontrollera hur många elever det gällde.

Från intervjun med lärare har det framgått att visa elever i grupp 4 blandar verktyg när de självständigt arbetar med matematik. Vilket leder till att de arbetar med både fysiska och digitala böcker. Dock eftersom eleverna genomför digitala prov i den gruppen och är vana med att arbeta digitalt har denna avvikelse räknats som obetydlig för studien.

3.5 Etiska ställningstaganden

Eleverna deltog frivilligt i alla moment i studien. Inför intervjun har alla medverkande fått fylla i samtyckesblanketter.

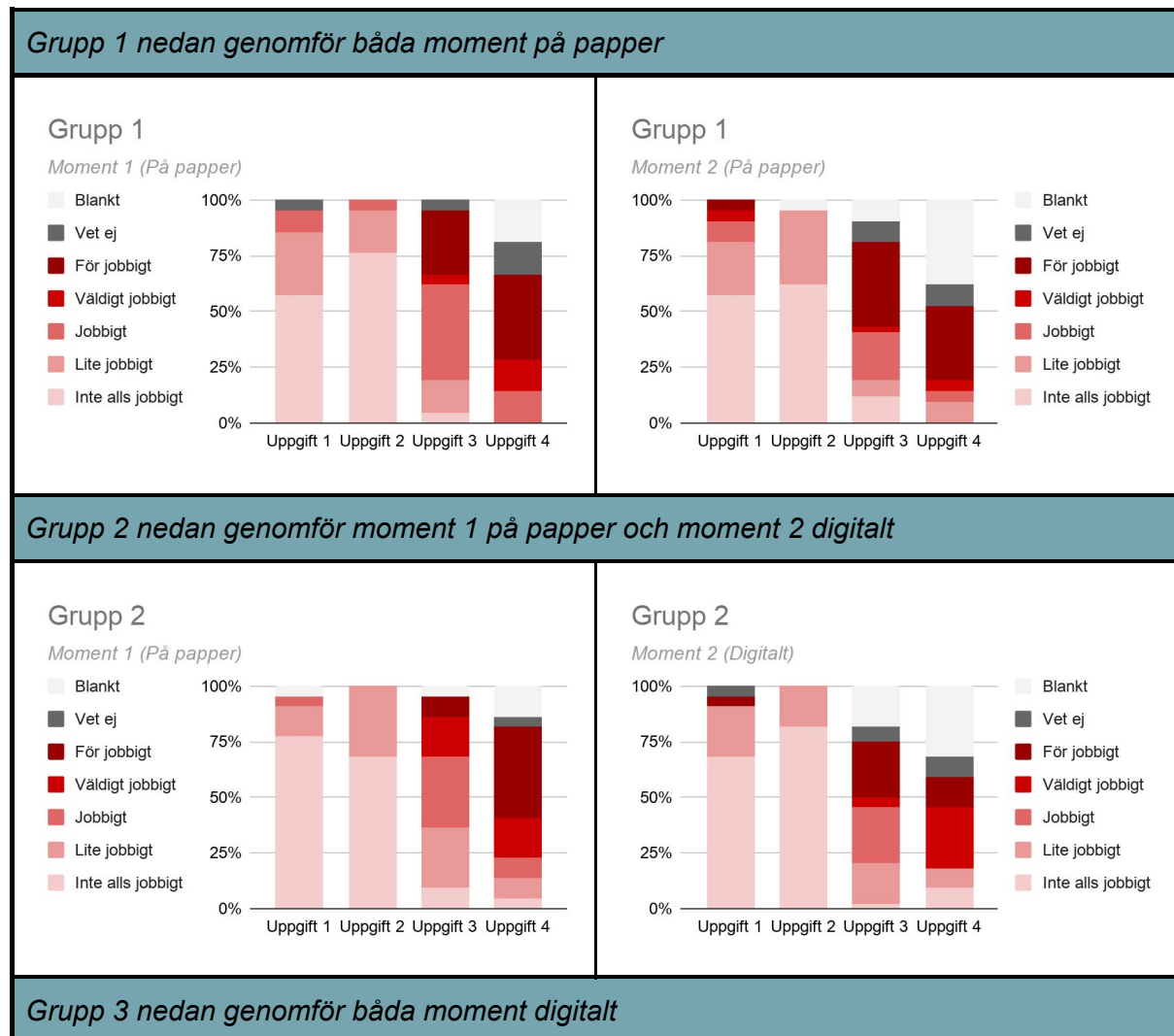
4. Resultat och Analys

Detta kapitel presenterar allt resultat som har samlats in tillsammans med tillhörande analys.

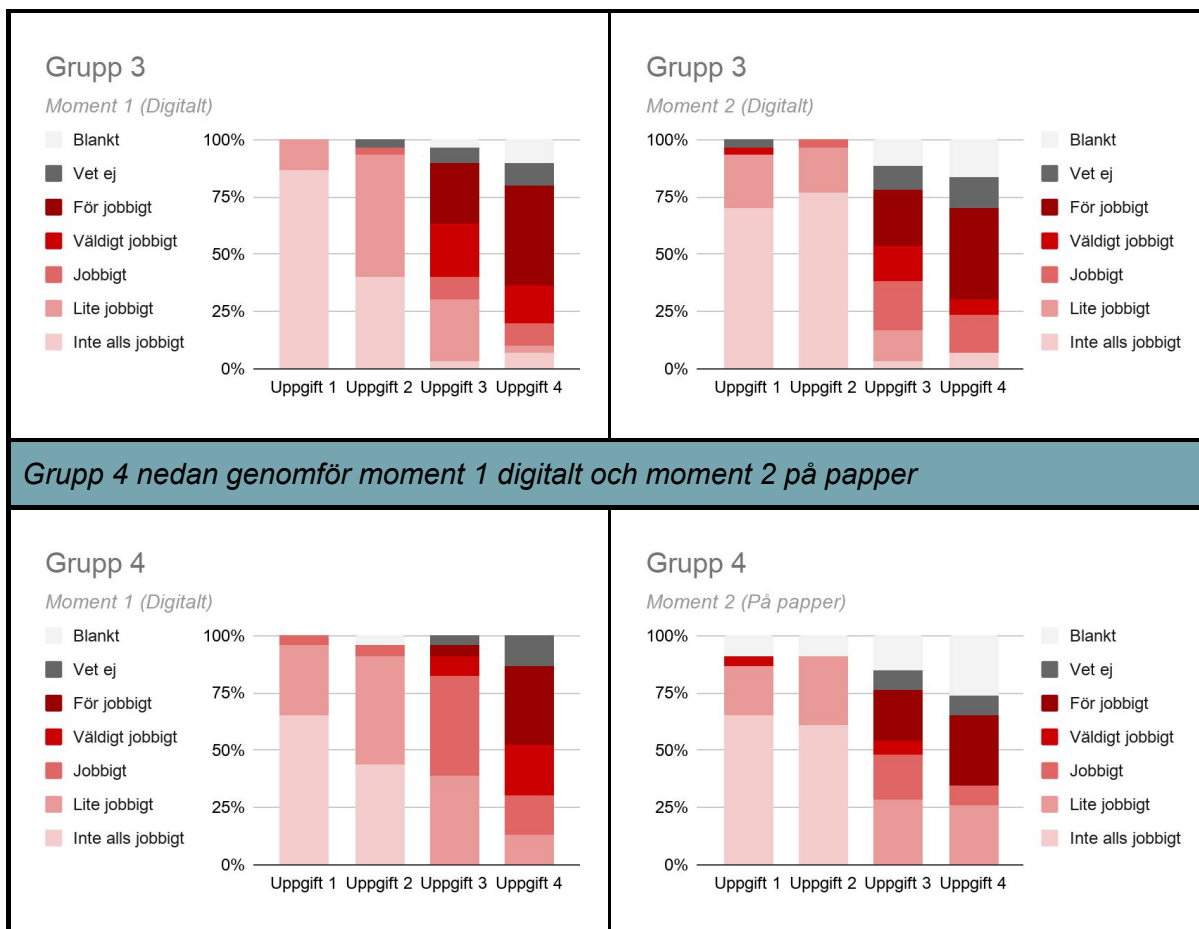
4.1 Moment 1 och 2

4.1.1 Direkt datainsamling

Gruppernas upplevelse av uppgifter per uppgift och prov



Grupp 3 nedan genomför båda moment digitalt



Tabell 4.1.1: Tabellen visar elevernas åsikter om hur jobbiga de tyckte att uppgifterna var.

Gruppernas totala omdöme per uppgift

	Grupp 1		Grupp 2		Grupp 3		Grupp 4	
	P	P	P	D	D	D	D	P
Andel av elever	33%		36%		53%		56%	
Moment	1	2	1	2	1	2	1	2
Uppgift 1 och 2	0,42	0,42	0,25	0,13	0,28	0,16	0,46	0,27
Uppgift 3	2,5	2,17	1,63	2,75	2,25	2,22	1,77	2,27
Uppgift 4	3,33	3,00	3,38	1,88	2,69	2,75	3,08	2,69
Totala medelvärdet per moment	1,67	1,63	1,38	1,53	1,38	1,50	1,44	1,55
Skillnaden i medelvärdet	-0,04		+0,15		+0,12		+0,11	
P-värdet	0,15		0,0019		0,00019		0,02	

Tabell 4.1.2: Visar elevernas eget omdöme av uppgifternas svårighetsgrad. 0= Inte alls jobbigt, 1=Lite jobbigt, 2=Jobbigt, 3=Väldigt jobbigt, 4=För jobbigt. Räknas ej med: Vet ej och Blankt. Eftersom uppgift 1 och 2 motsvarade samma betygsnivå slogs deras resultat ihop. Uppgift 3 i moment 2 hade två svar från eleverna. Dessa slogs ihop till ett. P står för genomförande på papper och D för digitalt.

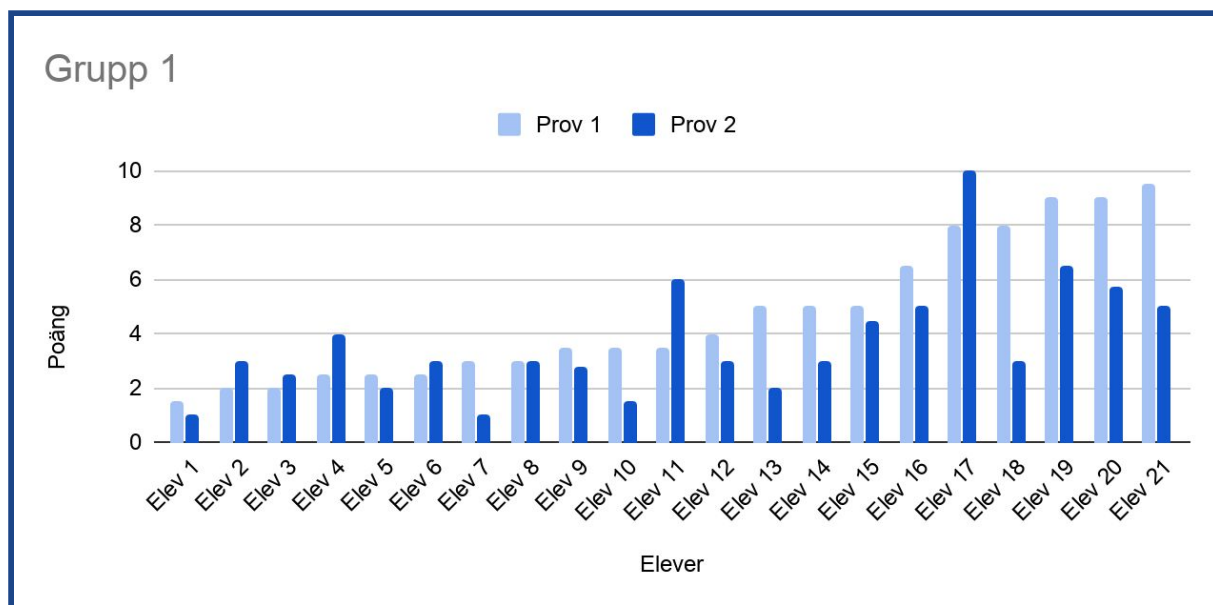
Analys av direkta insamlingen

Från tabellen 4.1.1 framgår det tydligt att eleverna upplevde det var mer ansträngande att göra uppgifter som hade större kognitiv belastning, det vill säga uppgift 3 och 4. I tabell 4.1.2 har tagits bort alla elever som någonsin svarade blankt eller vet ej i någon utav alla genomförda uppgifter. Detta gjordes för att få en mer representativ överblick för hur eleverna upplevde uppgifterna eftersom det inte var möjligt att sätta värde på blanka och "vet ej" svar. Andelen elever skiljer sig mellan pappergrupper och digitala grupper vilket leder till att dessa två grupper analyseras var för sig. Positiv skillnad i medelvärde hos grupp 2,3 och 4 betyder att eleverna ansåg moment 2 var jobbigare än moment 1. Tvärtom blir för negativt värde hos grupp 1.

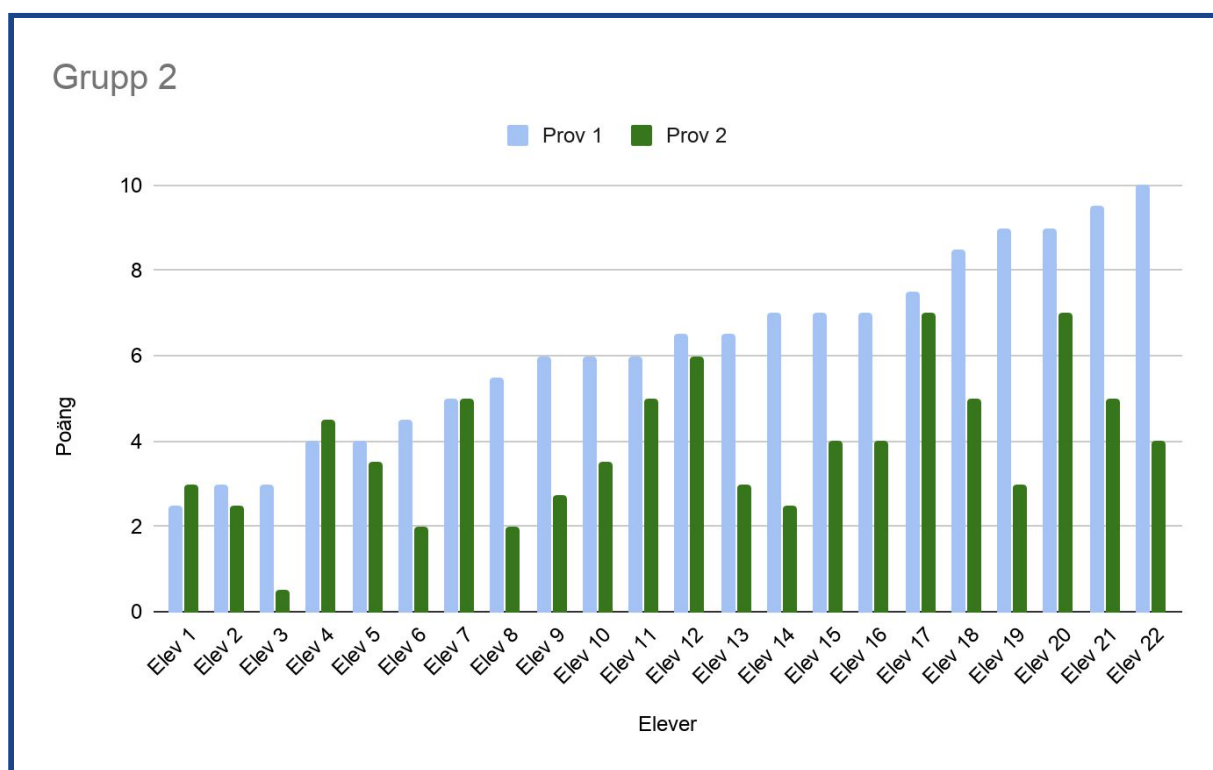
Tabell 4.1.2 visar också att i grupp 2 ökade ansträngningen hos eleverna när de övergick till digitalt prov i jämförelse med grupp 1 som gjorde båda på papper. Stort p-värde hos grupp 1 kan ha berott på deras felkälla om att eleverna inte orkade prestera på moment 2. Det skedde ingen stor förändring i digitala grupp 4 i jämförelse till grupp 3 när de bytte till papper och pennan.

4.1.2 Indirekt datainsamling

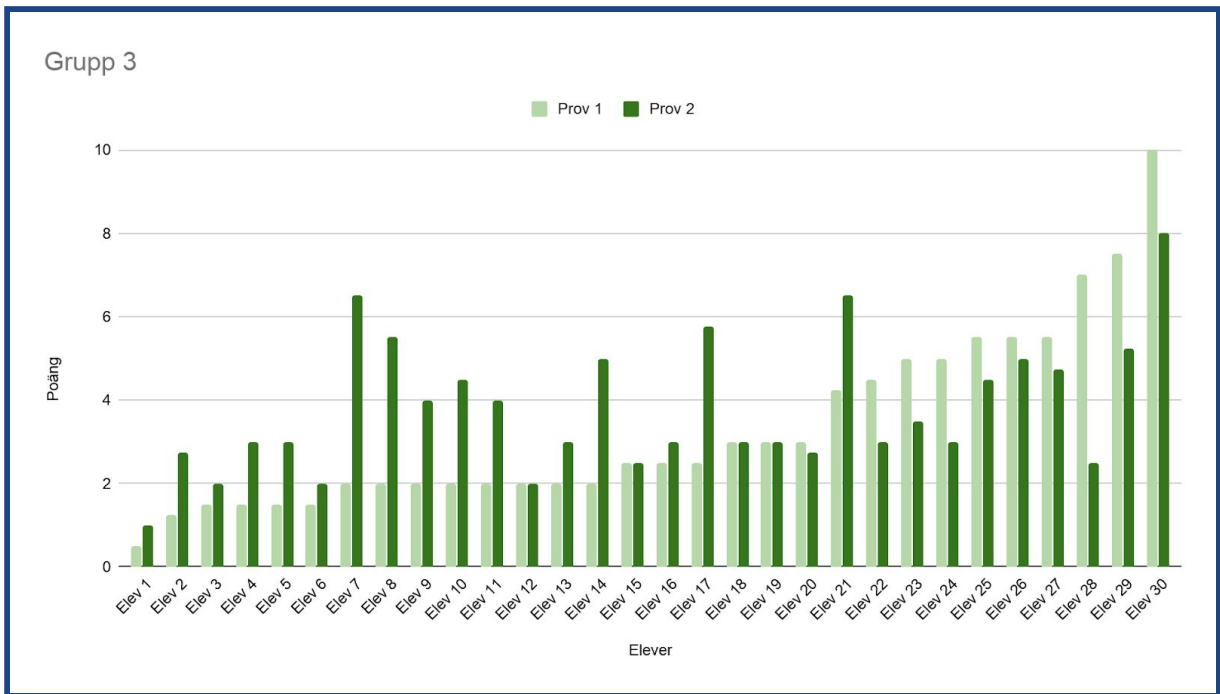
Gruppernas resultat per elev och prov



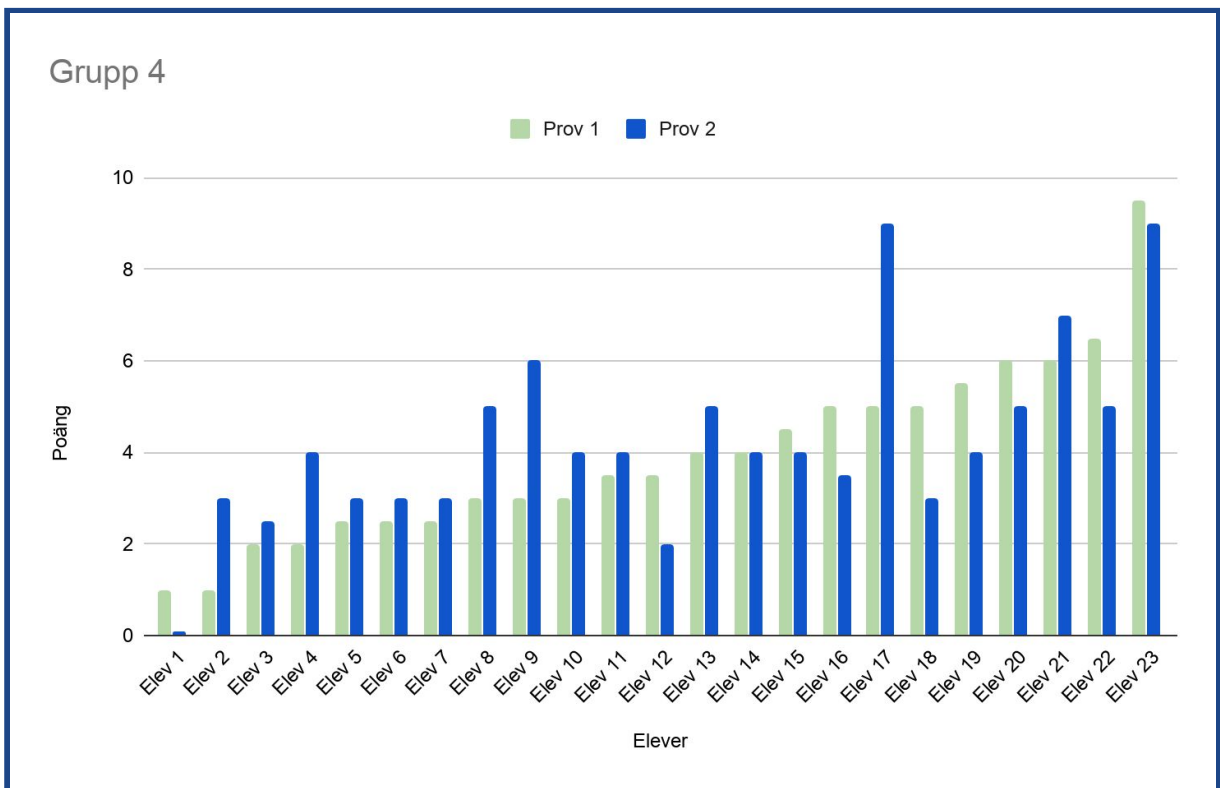
Tabell 4.1.3a: Elevernas totala poäng per moment och prov i grupp 1. Blå färg indikerar att eleverna gjorde båda moment med papper och pennan.



Tabell 4.1.3b: Elevernas totala poäng per moment och prov i grupp 2. Grönt för digitalt prov och blå för papper och pennan.



Tabell 4.1.3c: Elevernas totala poäng per moment och prov i grupp 3. Grönt visar att eleverna gjorde båda prov digitalt.



Tabell 4.1.3d: Elevernas totala poäng per moment och prov i grupp 4. Grönt för digitalt prov och blå för papper och pennan.

Analys av gruppernas resultat per elev och prov

I *tabell 4.1.3a* visas att eleverna i grupp 1 hade svårt att komma upp i lika högt resultat som de hade på moment 1. Detta kan ha berott på felkällan som gruppen hade där de inte orkade prestera på moment 2. *Tabell 4.1.3b* visar att grupp 2 presterade högt på moment 1 och sedan betydligt lägre på moment 2 där de hade bytt från papper till att svara på uppgifterna digitalt. Det var endast 3 elever av 22 som hade fått lika högt eller högre resultat på moment 2 dock var den positiva skillnaden +0,5 poäng som högst.

I grupp 3 förekom elever som arbetade med fysiska böcker istället för digitala. Från en djupare analys av deras svar förekom det inga skillnader i jämförelsen med resten av gruppen. I *tabell 4.1.3c* för grupp 3 kan man se att det har förekommit blandat resultat för hur väl eleverna presterade. Det har visat sig att eleverna som presterade lägre på moment 1 fick oftast högre resultat på moment 2 medan det var tvärtom för eleverna som presterade högt på moment 1. Liknande mönster visas för grupp 4 i *tabell 4.1.3d*.

Gruppernas resultat som helhet

	Grupp 1		Grupp 2		Grupp 3		Grupp 4	
	P	P	P	D	D	D	D	P
Moment	1	2	1	2	1	2	1	2
Resultat	47%	37%	62%	39%	33%	38%	39%	43%
Genomsnittliga avvikelse baserat på totala resultatet per elev	-0,75 poäng		-2,5 poäng		+0,5 poäng		+0,5 poäng	
p-värdet	0,03		$1,06 \cdot 10^{-5}$		0,2		0,33	
Tid (min)	45	30	56	45	32	33	26	28
Avvikelse av tid	Minskning med 15 min		Minskning med 11 min		Ökning med 1 min		Ökning med 2 min	

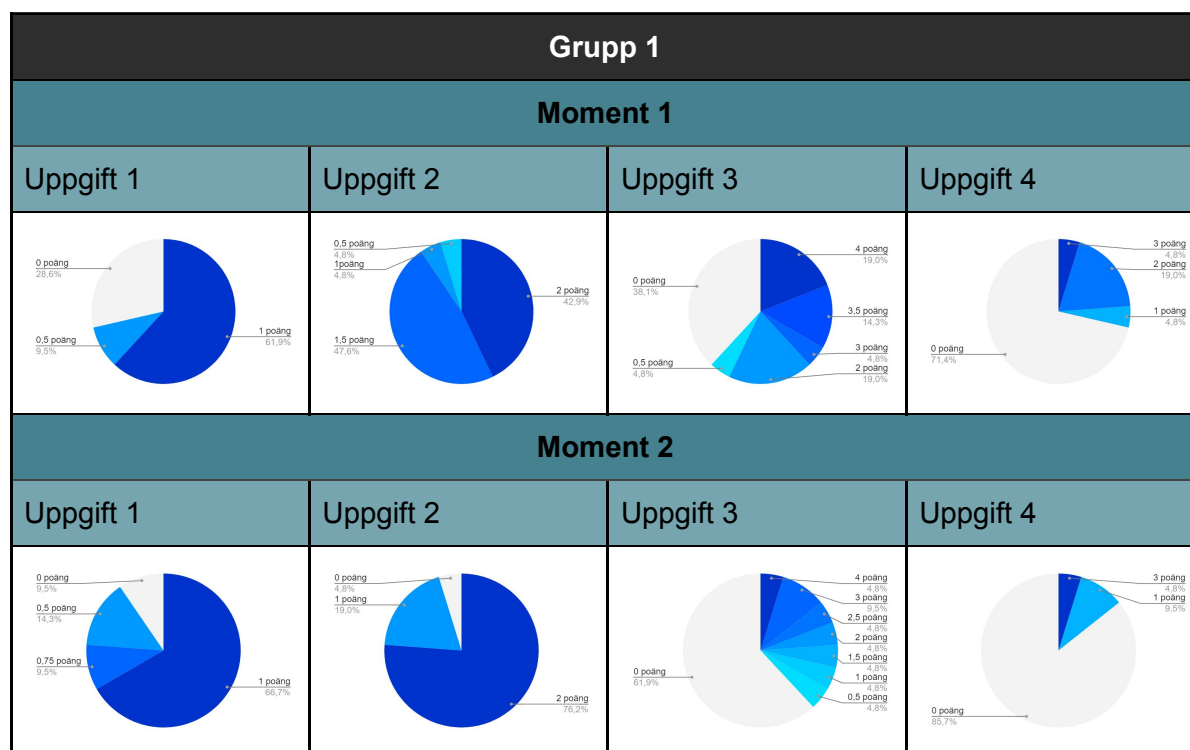
Tabell 4.1.4: Baserad på total poäng som eleverna hade. Visar också medeltid som det tog för eleverna att lämna in provet. P står för genomförande på papper och D för digitalt.

Analys av gruppernas resultat som helhet

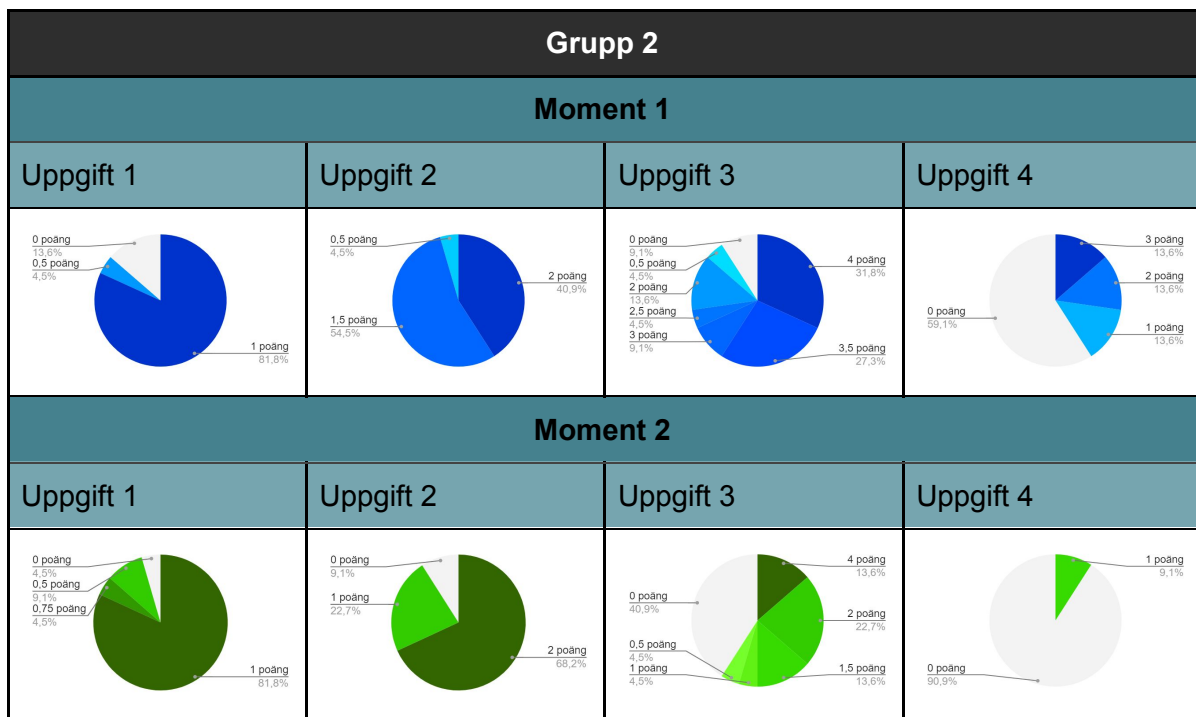
Lågt p- värde av det totala resultatet i poäng hos papper-grupper (1 och 2), se *tabell 4.1.4*, indikera pålitligt resultat från datainsamlingen. Från tabellen kan man se att tider för genomförande av moment 2 minskade hos båda papper-grupper. Sen fick grupp 2 den största negativa förändringen av totala resultatet i jämförelse med andra grupper när de genomförde moment 2. Deras genomsnittliga avvikelse låg på - 2,5 poäng.

För båda digitala grupper (3 och 4) registrerades för högt p-värdet, se *tabell 4.1.4*, vilket ger osäkerhet om hur signifikant resultatet är. Vidare var deras tidsskillnad mellan moment 1 och 2 är försumbar i jämförelse med pappers grupper. Det observerades inga större skillnader heller i totalresultatet hos grupp 4 som bytte till papper eftersom båda digitala grupper hade samma utveckling i totalresultat.

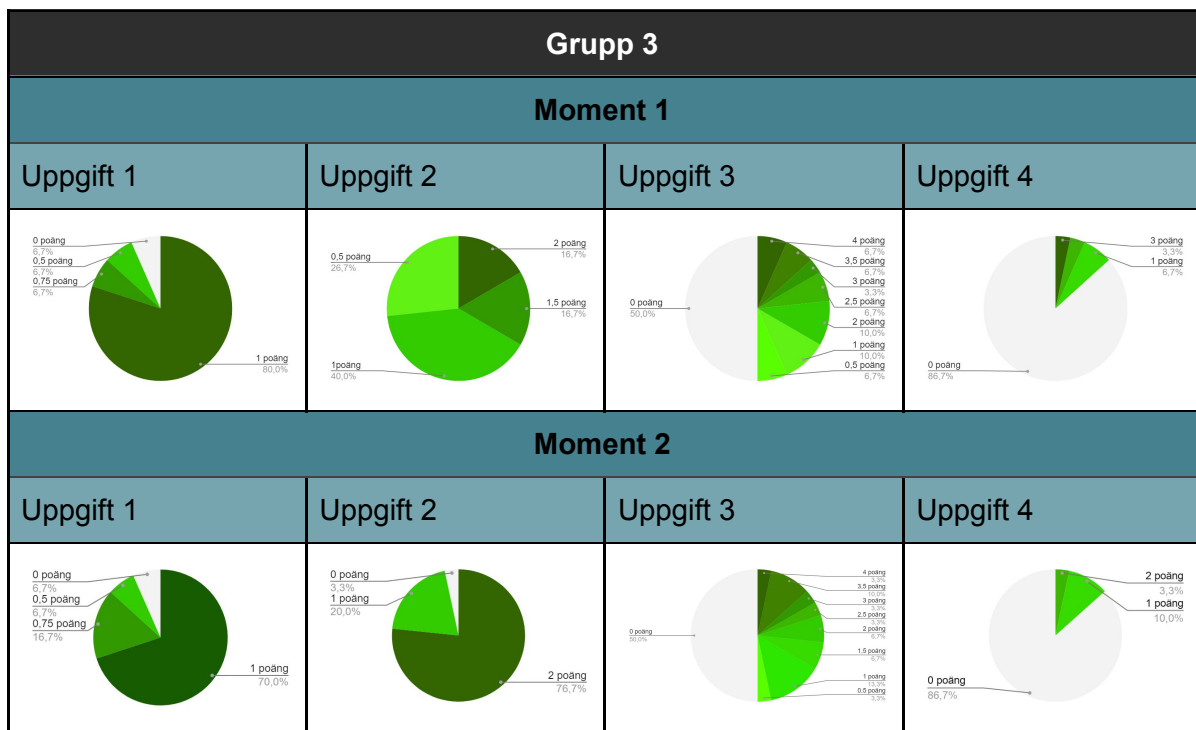
Gruppernas resultat per uppgift



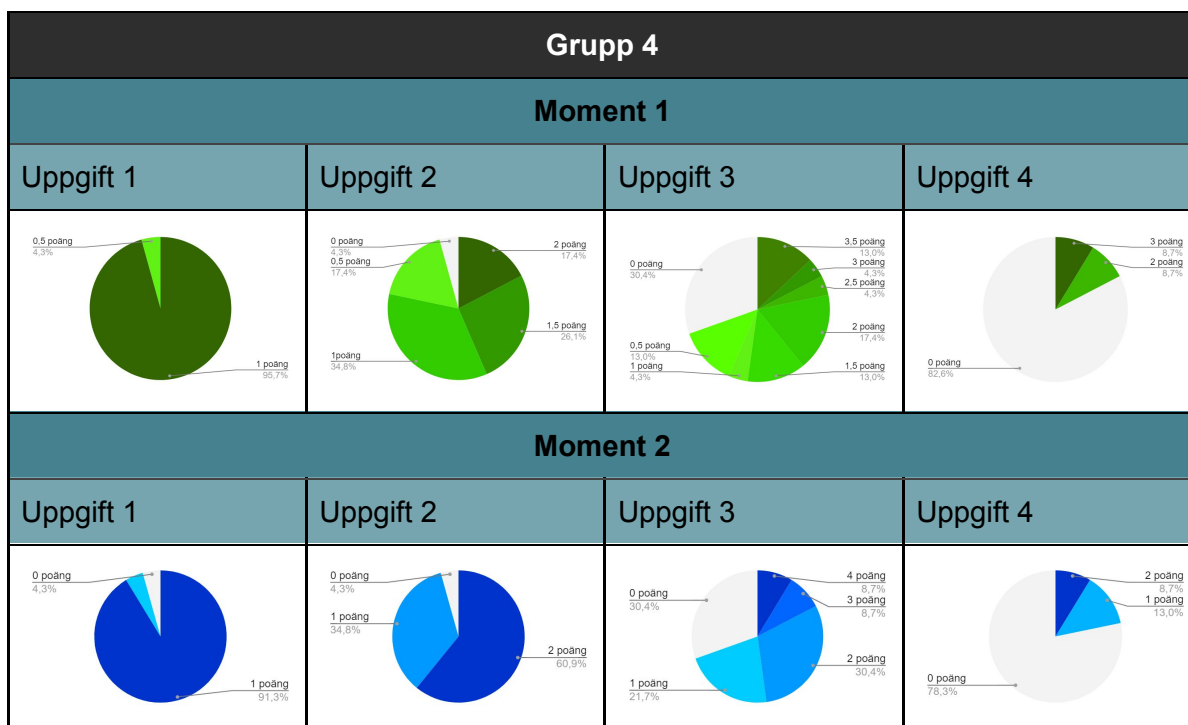
Tabell 4.1.5a: Överblick över grupp 1 resultat per uppgift. Ju mörkare färgen är desto högre poäng har eleverna fått för uppgiften. Blå färg står för prov med papper och pennan.



Tabell 4.1.5b: Överblick över grupp 2 resultat per uppgift. Ju mörkare färgen är desto högre poäng har eleverna fått för uppgiften. Blå färg står för prov med papper och pennan. Grönt för digitala prov.



Tabell 4.1.5c: Överblick över grupp 3 resultat per uppgift. Ju mörkare färgen är desto högre poäng har eleverna fått för uppgiften. Grönt står för digitala prov.



Tabell 4.1.5d: Överblick över grupp 4 resultat per uppgift. Ju mörkare färgen är desto högre poäng har eleverna fått för uppgiften. Blå färg står för prov med papper och pennan. Grönt för digitala prov.

Analys av gruppernas resultat per uppgift

I tabeller 4.1.5 kan man tydligt se att ju svårare uppgifterna blev desto färre poäng uppnådde eleverna. I vissa fall är det ett annorlunda förhållande mellan uppgift 1 och 2 eftersom båda låg på samma betygsnivå kan det ha lett till att vissa elever klarade uppgift 2 bättre än 1. Tabell 4.1.5b som representerar poängresultat för grupp 2, visar att uppgift 3 och 4 hade störst avvikelse i poäng mellan moment 1 och 2.

Gruppernas presentation av lösningar per uppgift

	Grupp 1		Grupp 2		Grupp 3		Grupp 4	
	P	P	P	D	D	D	D	P
Moment	1	2	1	2	1	2	1	2
Uppgift 1		67%		30%		17%		26%
Uppgift 2	95%		100%		43%		52%	
Uppgift 3	94%	69%	95%	80%	62%	55%	58%	63%
Skilnad mellan Uppgift 2 och 1	minskning med 28 procentenheter		minskning med 70 procentenheter		minskning med 26 procentenheter		minskning med 31 procentenheter	
Skilnad i uppgift 3 mellan momen 1 och 2	minskning med 25 procentenheter		minskning med 15 procentenheter		minskning med 7 procentenheter		ökning med 5 procentenheter	

Tabell 4.1.6: Andel elever (elever i grupper som inte svarade blankt) som hade någon slags motivering, t.ex. uträkning eller motivering i ord. Uppgift 1 i moment 1 och uppgift 2 i moment 2 krävde inte motivering för lösning därmed analyserades de inte här. Uppgift 4 analyserades inte eftersom för få elever valde att genomföra den. P står för genomförande på papper och D för digitalt.

Analys av gruppernas presentation av lösningar per uppgift

I tabell 4.1.6 kan man se att redovisning av lösningar minskade hos grupp 1 i uppgift 3 med 25 procentenheter. Från en djupare analys av elevernas lösningar i grupp 1 har det framkommit att eleverna redan hade två mattelektioner samma dag innan de skulle utföra moment 2 vilket kan ha stört studien. Grupp 2 hade störst minskning av skrivna motiveringar när de övergick från papper till att göra digitalt prov i moment 2. För den digitala grupp 4 ökade däremot redovisning av lösningar i uppgift 3 till skillnad från andra grupper där presentation av lösningar minskade.

Icke blanka svar

	Grupp 1		Grupp 2		Grupp 3		Grupp 4	
	P	P	P	D	D	D	D	P
Moment	1	2	1	2	1	2	1	2
Uppgift 3	81%	71%	95%	68%	70%	67%	58%	63%
Uppgift 4	57%	52%	86%	41%	33%	33%	61%	65%
<i>Skillnad i uppgift 3 mellan momen 1 och 2</i>	minskning med 10 procentenheter		minskning med 27 procentenheter		minskning med 3 procentenheter		ökning med 5 procentenheter	
<i>Skillnad i uppgift 4 mellan momen 1 och 2</i>	minskning med 5 procentenheter		minskning med 45 procentenheter		ingen förändring procentenheter		ökning med 4 procentenheter	

Tabell 4.1.7: Andel elever i grupper som hade försökt att lösa uppgiften. I uppgift 1 och 2 förekom inga blanka svar. P står för genomförande på papper och D för digitalt.

Analys av icke blanka svar

Även andel elever i grupp 2 som påbörjade lösa uppgift 3 och 4, se *tabell 4.1.7*, hade störst minskning i moment 2 i jämförelse med andra grupper som deltog i undersökningen. Vidare hos grupp 4 i samma tabell hade andelen av elever som påbörjade lösa uppgift 3 och 4 en försumbar ökning när de övergick till papper från digitalt skrivande.

Förekommande fel i Grupp 2

Grupp 2	Redovisad lösning med fel svar	Tydligt slarvfel	Kan bero på kunskapsbrist	Kan bero på tidsbrist	Odefinierad fel
Uppgift 3a	3	1	2		
Uppgift 3b	3	1	2		
Uppgift 4	8	1	2	2	3

Tabell 4.1.8: Total antal elever i gruppen en som deltog: 22.

Analys av förekommande fel i Grupp 2

För djupare analys undersöktes elevernas lösningar i grupp 2 för uppgift 3 och 4 i moment 2 eftersom gruppen hade störst skillnad i resultat i uppgift 3 och 4 mellan

moment 1 och 2, se *tabell 4.1.8*. Det visade sig att elever som presenterade lösningar och fick fel svar var för få för att kunna vara representativa. Därmed kunde analys som undersökte om elevernas fel-svar berodde på högre kognitiv belastning eller kunskapsluckor inte genomföras. Uppgift 2 och 1 analyserades inte eftersom de krävde olika typer av lösningar mellan moment 1 och 2.

4.1.3 Digitala pennan

Digitala pennans användning

	Grupp 1		Grupp 2		Grupp 3		Grupp 4	
	P	P	P	D	D	D	D	P
Moment	1	2	1	2	1	2	1	2
Uppgift 1				22%	3%	7%	4%	
Uppgift 2				36%	17%	20%	30%	
Uppgift 3				47%	19%	3%	24% (13% ^{**})	
Uppgift 4				11%	20%	10%	21% (7% ^{**})	

Tabell 4.1.9: Andel elever som har påbörjat uppgiften med digital pennan av alla elever i gruppen som har påbörjat uppgiften. ^{**} eleverna fotade av lösningar som de hade gjort på papper och laddat upp dem. P står för genomförande på papper och D för digitalt.

Digitala pennornas påverkan på elevernas resultat

	Grupp 1	Grupp 2	Grupp 3	Grupp 4
	P → P	P → D	D → D	D → P
Lösningar där digital pennan används		24 av 79*	se tabell 4.11	16 av 95*
Resultat M1, <i>Moment 1</i>		75%		51%
Resultat M2, <i>Moment 2</i>		68%		44%
Skillnad mellan M1 och M2 i resultat		-9%		-14%
Medelvärde av poängskillnad mellan M1 och M2		-0,13 poäng		-0,14 poäng
Lösningar där FOTO används				5 av 95*
Resultat M1				73%
Resultat M2				36%
Skillnad mellan M1 och M2 i resultat				-36 procentenheter
Medelvärde av poängskillnad mellan M1 och M2				-0,6 poäng
Lösningar där digital pennan inte används	74 av 74**	55 av 79*	76 av 91*	74 av 95*
Resultat M1	57%	72%	52%	48%
Resultat M2	55%	54%	69%	54%
Skillnad mellan M1 och M2 i resultat	-2 procentenheter	-18 procentenheter	+16 procentenheter	+7 procentenheter
Medelvärde av poängskillnad mellan M1 och M2	-0,02 poäng	-0,32 poäng	+ 0,28 poäng	+ 0,12 poäng

Tabell 4.1.10: M1 står för moment 1 och M2 står för moment 2. *blanka svar i digitala prov ingår ej eftersom det inte går att avgöra om eleven skulle ha valt att svara med digitala pennan eller inte. ** Lösningar där elever svarade blankt i M2 togs inte med i beräkningar för att minimera påverkan av felkällan som grupp 1 hade för moment 2. P står för genomförande på papper och D för digitalt.

Grupp 3	Lösningar där digital pennan används i bara M1	Lösningar där digital pennan används i bara M2	Lösningar där digital pennan används i både M1 och M2	Lösningar där digital pennan används åtminstone i en moment.	Lösningar där digital pennan inte används
Andel elever	6 av 91*	3 av 91*	6 av 91*	15 av 91*	76 av 91*
Resultat M1	65%	83%	81%	75%	52%
Resultat M2	31%	58%	81%	55%	69%
Skillnad mellan M1 och M2 i resultat	-34 procentenheter	-25 procentenheter	0 procentenheter	-20 procentenheter	+17 procentenheter
Medelvärde av poängskillnad mellan M1 och M2	-0,75 poäng	-0,5 poäng	0 poäng	-0,4 poäng	+ 0,28 poäng

Tabell 4.1.11: Mer detaljerad resultatöversikt för grupp 3 där man har tagit hänsyn till vart eleven använder digitala pennan. *blanka svar i digitala prov ingår ej eftersom det inte går att avgöra om eleven skulle ha valt att svara med digitala pennan eller inte. M1 står för moment 1 och M2 för moment 2.

Analys av digitala pennornas påverkan

Största andelen av eleverna som löste uppgifterna med digital penna tillhörde grupp 2, se *tabell 4.1.9*. I samma tabell kan man se att några elever i grupp 4 valde att fota av sina lösningar som de hade gjort på papper. Andel lösningar som presenterades med hjälp av foto är dock för liten för att ge en representativ analys.

I *tabell 4.1.10* kan man observera att eleverna i grupp 2 och 3 som använde digitala pennan när de genomförde provet hade samma minskning i procentenheter när de bytte skrivverktyg. När resultat från grupp 2 jämförs mellan de som använde digital penna och de som inte gjorde det, i *tabell 4.1.10*, framgår det tydligt att elevernas resultat sänktes mer när eleverna inte tog hjälp av digitala pennan. I samma tabell framgår det att när eleverna i grupp 3 övergick till papper och pennan var det mest gynnsamt för eleverna som inte hade använt digitala pennan.

Vid uppdelning av resultat med digitala pennan i grupp 3, se *tabell 4.1.11*, blir det för små andelar av lösningar för att ge en representativ analys. Dock vid jämförelse mellan varandra i samma tabell verkar det som att eleverna som alltid använder digitala pennan inte hade förändring i hur de presterar i moment 2 jämfört med moment 1. Vidare i *tabell 4.1.11* visas att elever i grupp 3 av de som någon gång använde digital penna fick sämre resultat på moment 2 i jämförelse med de som inte använde sig av

digitala pennan. Eleverna i grupp 3 som inte tog hjälp av digitala pennan presterade bättre på moment 2 än moment 1, se tabell 4.1.11.

4.2 Moment 3

4.2.1 Frågeformulär på internet

Vilka utmaningar kan du se när prov i matematik ska genomföras digitalt?	
Svar	Frekvens
Övervakning/fusk	13
Elevernas vana vid digitalt skrivande	30
Teknikstrul	13
Autentisering	1
Lärarnas stöd för elever	2
Lärarens kompetens	2

Tabell 4.2.1: Visar sammanställningen från frågeformuläret där 45 gymnasielärare deltog. Lärarnas svar delades in i kategorier som presenteras i tabellen.

Analys av frågeformulär

Tabell 4.2.1 visar att det finns stort oro bland gymnasielärare över hur eleverna kommer att kunna anpassa sig till digitalt skrivande. Enligt tabellen är det 2 av 3 gymnasielärare som har det.

4.2.1 Kodning av intervjuer

Intervju med lärare

Axiell kodning	Öppen kodning	Selektiv kodning
<i>Möjligheter för lärare</i>	Digitalt arbetssätt gör att läraren kan följa elevernas självständiga arbete	
	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> Digitalt arbetssätt ger variation i utformning av genomgångar </div> Lärare har större flexibilitet att dela digitala prov med varandra	Visuellt och hörbart
<i>Möjligheter för elever</i>	Elever kan arbeta självständigt digitalt	Kontinuerlig övning

	Digitalt skrivande öppnar upp möjlighet för snabbare skrivprocess	
<i>Möjligheter med digitala pennan</i>	<p>Digitala pennor ger möjlighet till skrivna lösningar</p> <p>Med digitala pennan kan eleverna ta vara på elevernas färdigheter från tidigare skola</p> <p>Digitala pennan ger möjlighet till kreativa lösningar</p>	
	Digitala pennor motiverade lärandet	Uppmärksamhet
<i>Utmaningar för lärare</i>	<p>Vid digitalt arbete rättas inte lösningar, bara svar</p> <p>Avsaknaden av strategier för introduktion i digitalt skrivande</p>	
	Svårt att se om eleverna har full fokus och inte gör annat på dator	Uppmärksamhet
	Elever skriver mindre med tangentbord	Kontinuerlig övning
	Man tar bort nio år av inskolning när man övergår till digitalt skrivande	Automation
<i>Utmaningar för elever</i>	Effektivitet minskas när digitalt skrivande införs	
<i>Utmaningar med digitala pennan</i>	Att lära sig använda digitala pennor kan ta lite tid	Kontinuerlig övning
<i>Introduktion av digitalt skrivande</i>	Börjar från grunden	Behöver lära ut
	Introducerar snabbverktyg för inmatning	Behöver lära ut
	Alla väljer inte att övergå till digitala pennan	
	Fortfarande nytt med digitalt skrivande i matematik	
	Fler nya elever vana vid dator	Förkunskaper
	Elever blir bättre över tid	Automation
	Förekommer elever som vill ha fysiska böcker	

Tabell 4.2.2: Visar sammanställning från intervjun som har gjorts med lärare.

Intervju med elever

Axiell kodning	Öppen kodning	Selektiv kodning
<i>Tidigare erfarenheter</i>	Några få inlämningar på dator innan gymnasiet	Förkunskaper
	Ingen dator i matematik innan gymnasiet med undantag för digitala böcker	Förkunskaper
<i>Övergång till gymnasiet</i>	Mer användning av dator på gymnasiet	
	Skriver mest digitalt	
	Digitala prov	
	Digitala miljön i skolan hjälper att komma igång	
<i>Möjligheter med dator i matematiken</i>	Lättare att komma åt information på dator	
	möjlighet att lyssna på texter	Visuellt och hörbart
	Tillgång till olika digitala verktyg via dator	
	Behöver inte bära på böcker	
	Allt på ett ställe	
	Det finns facit, förklaringar och möjlighet att få hjälp med uppgifter	
	Kan söka efter kompletterande information	Visuellt och hörbart
<i>Möjligheter med digitalt skrivande</i>	Smidigt att alltid ha allt med sig	
	Mindre risk att tappa bort saker	
	Tillgång till många uppgifter	
<i>Möjligheter med digitalt skrivande</i>	Användarvänligt och enkelt att skriva på dator	
	Enkelt att skriva lösningar och spara	
<i>Möjligheter med digitala pennan</i>	Digital Pennan används i variation med tangentbord	
<i>Utmaningar med dator i matematiken</i>	Svårt att bläddra mellan olika uppgifter och flikar	Uppmärksamhet
	Kan hända att man byter mellan olika flikar för att hitta kompletterande förklaringar	Uppmärksamhet
	För stor vana vid digitala verktyg gör det svårt att veta hur man gör när de inte är tillgängliga	
<i>Utmaningar med digitalt skrivande</i>	Begränsad yta att skriva på	
	Få lösningen att se bra ut	Kontinuerlig övning

	Behöver vänja sig hur man skriver matematiska tecken	Kontinuerlig övning
	Behöver förstå hur man kan redovisa bilder	Behöver läras ut
	Tar tid att vänja sig	Automation
	Går snabbast att skriva på papper	
	Begränsad i början av digitalt skrivande	
	Svårt med överblick	
	Sparsam med anteckningar som tar tid och plats	
<i>Utmaningar med digitala pennan</i>	Digital penna kan vara svår att använda om positionen är inte naturlig	
	Digital pennan tar tid att skriva med	
	Handstilen kan se konstig ut	Kontinuerlig övning
	Naturlig position kan vara avgörande om det går att använda digital penna	
<i>Läraren</i>	Läraren visar hur man gör	Kognitiv belastning
	Lärarnas förväntningar på redovisningar	Behöver läras ut
	Läraren förklarar hur olika program fungerar	Kognitiv belastning

Tabell 4.2.3: Visar sammanställning från intervjun som har gjorts med elever.

4.2.2 Analys av intervjukodning

För analysen av moment 3 används tabell 4.2.2 och 4.2.3.

Information tillgängligt både visuellt och hörbart

Utifrån intervjuer med lärare har det kommit fram att digitalt arbetssätt ger läraren möjlighet att ha större variation i hur de utformar genomgångar. Lärare har varierat genom till exempel använda sig av GeoGebra, PowerPoints, projektion av bilder från hemsidor.

Med digitalisering får eleverna möjlighet till att till exempel lyssna på texter. De kan också söka information digitalt för att öka förståelsen inom något specifikt område *“Lättare att hitta information och sånt ... Man kan hitta flera perspektiv på hur folk lär ut saker... matte i video och skrift ...”*

Kontinuerlig övning

Lärarna ansåg att eleverna har större möjlighet för anpassad övning när de arbetade självständigt. Från intervju med lärarna har det framkommit att eleverna själva kan se hur de ligger till kunskapsmässigt: *"... de får ju feedback från kunskapsmatrisen om de har rätt eller inte och så sätter de poäng om de har rätt eller inte och så färgas matrisen på det viset ... Jag är inte så närvarande i det där"*. Trots att läraren inte var närvarande när eleverna övade självständigt fanns det möjlighet för den att följa elevernas resultat och se vad eleverna har haft problem: *"... när jag ser att eleverna alltså många eleverna har problem med en uppgift. Så kan man ju göra lösning och diskutera i helklass ..."*

Lärare har märkt att när eleverna övergår till tangentbordet minskas deras presentation av lösningar därmed behövde eleverna uppmuntras till att motivera sina svar: *"Man måste hela tiden uppmana de att presentera lösningar och inte bara skriva svaren"*. Även eleverna var överens om att det krävdes övning och tid för att förstå hur man skriver digitalt inom matematik. De behövde öva på att hitta symboler som de ville tillämpa det har till exempel varit annan format på decimaltal: *"... att man använder punkt istället ..."*. Sen behövde eleverna också öva på att presentera lösningar utan att ha möjlighet till representation i bildformat: *"... ibland svårt att redovisa lika enkelt med till exempel bilder och så för man är ofta mer begränsad till att skriva mera text än att rita ..."*.

Även den digitala pennan verkar kräva övning för att fungera på bästa möjliga sätt. Den största utmaningen med den som har kommit fram från intervju med lärare var att få till en läsbar handstil: *"... behöver de ju bekanta sig med pennorna i början så att de får en tydlig handstil när de skriver digitalt..."*. Detta kom även fram i intervjun med eleverna: *"... ibland blir det såhär att handstilen blir lite konstig och kan se lite förvirrande ut ..."*. Utöver handstilen kände eleverna att de behövde vänja sig vid att svara på en mindre yta med den digitala pennan: *"... enkelt att förstå... allt ser redan enkelt ut och är enkelt med det handlar om att man måste vänja sig ... känns annorlunda... man får mindre yta..."*.

Uppmärksamhet

Lärare märkte att vid införande av digitala pennor ökades motivationen hos eleverna: *"... pennorna gjorde att de kom igång snabbare..."* och eleverna verkade uppskatta dem: *"... det fanns en glädje i att få använda pennorna när pennorna kom ..."*.

I den digitala miljön blir det dock en utmaning för lärare att hålla fokuset hos eleverna på matematiklektionen eftersom det inte går att kontrollera vad eleven gör på sin skärm: *"... kanske inte bara en skärm som man skriver på ..."*. Även eleverna märker av att

de inte får samma flyt under lektionerna: *"... man måste alltid gå från ena fliken till den andra och förlorar ett visst flöde..."*. Om detta sker samtidigt som genomgången är det inte garanterat att de fortfarande har samma koncentration på läraren: *"Jag märker nog lite skillnad på hur andra koncentrerar sig beroende på om de har dator framför sig eller inte....Dem kanske byter mellan saker oftare så att de byter fram och tillbaka mellan att anteckna och att göra något annat som att, kanske inte specifikt att till exempel spela som är väldigt distraherande men att de kanske att de byter fram och tillbaka mellan att anteckna och kolla på annan informationskälla som kanske inte är relevant om det redan är genomgång på någonting."*

Automation

Lärare har märkt att eleverna blir bättre på att använda dator ju mer de hanterar den: *"... och sen märker man att dem under kursens gång blir bättre på det här..."* Dock kan det ta en längre tid innan eleverna blir bekväma med det digitala skrivandet: *"... Det är först när man kommer i slutet av matte två som man börjar liksom dra nytta av det här digitala..."*. De automatiska kunskaperna genom handrörelserna som eleverna har fått från tidigare undervisning kan vara svåra att ta vara på när eleverna skriver med tangentbordet: *"när jag jämför med elevsvar som jag fick med papper och pennan så har jag sett att man tappar något när man bara för in med tangentbordet."*

Eleverna tyckte också att deras kunskaper inom digitalt skrivande blir mer automatiserade när de har vant sig: *"... jag är mycket snabbare på det, jag vet liksom vilka knappar jag måste trycka på för att få specialtecken ..."*. Trots att eleverna känner att de har blivit mer vana vid digitalt skrivande kan det förekomma åsikter om att det finns utrymme för vidare utveckling: *"... jag lär mig fortfarande mycket... men det är enklare än vad det var i början ..."*.

Förkunskaper

Lärare har observerat att nya elever som börjar på gymnasiet är mer bekväma med att använda dator i jämförelse med några år tillbaka: *"... andelen elever som är bekväma med att jobba med tangentbordet ökar år för år för i klass ..."*.

Eleverna som har blivit intervjuade hade inga kunskaper inom digitalt skrivande i samband med matematikundervisning innan gymnasiet. Den digitala miljön på skolan verkar ha hjälpt eleverna att vänja sig vid den nya miljön: *"... allt är mer digitalt här skolan ... det var väldigt enkelt att lära sig ..."*.

Kognitiv belastning

Eleverna var överens om att det har hjälpt dem när lärare har visat hur man ska skriva på dator och förklarade hur olika program används: *"... de visar vad jag ska göra och på vilket sätt så att det ska vara smidigast ..."*. Det som kan ha saknats för vissa elever var vad läraren har för förväntningar på lösningar: *"... ha nått förtydligande av läraren i början när man började med det ... - ungefär så här förväntas det att ni ska redovisa ..."*.

Behöver läras ut

Lärare ansåg att det var viktigt att börja lära eleverna från grunden i hur digitalt skrivande fungerar. Att eleverna behöver förstå att de kan utnyttja snabbverktyg för inmatning: *"... sen pekar vi på möjlighet att använda verktygen för att skriva bråk och exponenter ... på ett snyggare sätt så att de får snyggare lösningar ..."*.

Eleverna tyckte att de behövde få förklarat hur man kan redovisa när man inte har möjlighet att rita: *"... det är ibland svårt att redovisa lika enkelt med till exempel bilder och så ... man är lite mer begränsad till att skriva mera text än att rita ..."*.

5. *Diskussion*

I detta kapitel diskuteras resultatet tillsammans med relevant litteratur från litteraturstudien. Diskussionen är uppdelad efter moment och frågeställningar som de behandlar.

5.1 Moment 1 och 2

Hur påverkar det digitala skrivandet och den digitala pennan elevernas lösningar i uppgifter inom ett matematiskt område?

5.1.1 Överbelastning vid avsaknad av automation

Elevernas schematiska kunskaper från långtidsminnet (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998), *se schemateori i litteraturstudien*, hjälper dem att tolka och lösa de sista uppgifterna 3 och 4 på både moment 1 och 2. Att det är färre elever som lyckades med dem kan bero på flera orsaker. Det kan vara att elevernas kunskaper i långtidsminnet ännu inte är tillräckliga vilket i vissa fall kan leda till arbetsminnets överbelastning (Willingham, 2018) vilket stämmer överens med tidigare forskning utförd av Oviatt (2013), *se andra studier som har jämfört olika skrivverktyg i litteraturstudien*. Detta kan framför allt drabba eleverna i grupp 2 som inte hade automatiserat färdigheter inom digitalt skrivande (Willingham, 2018), *se överbelastning i litteraturstudien*.

Sedan att eleverna från samtliga grupper i vissa fall inte löser färdigt uppgifterna kan också tolkas som att elevernas arbetsminne utsätts för överbelastning. Detta skulle kunna vara en möjlig förklaring till varför eleverna lämnade uppgifterna blankt när de ställdes inför mer utmanande problem.

5.1.2 Uppmärksamhetens utmaningar vid genomförandet på distans

Att genomförande av båda moment skedde på distans kan utmana elevernas uppmärksamhet, framför allt den stimulansdrivna (Klingberg, 2007), *se uppmärksamhetens roll i litteraturstudien*. Detta beror mest på att lärare inte kan påverka miljön där eleven befinner sig vid provtillfället. Eleverna kan också få olika förutsättningar för hur väl de kan hantera sin kontrollerade uppmärksamhet (Klingberg 2007) eftersom eleverna troligtvis genomför prov i olika hemmiljöer.

En konsekvens av att eleverna vet att resultatet från undersökningen inte räknas i betygsunderlaget kan också bidra till att eleverna är mindre tåliga för stimulansdriven

uppmärksamhet. Deras tankar kan störas av andra inlämningar som påverkar på deras slutgiltiga betyg och kan omedvetet dyka upp i deras huvud under moment genomförandet (Klingberg, 2011). Även vakenhetsgrad, den ej selektiva typen av uppmärksamhet (Klingberg, 2011), kan utmanas både i form av stress över andra inlämningar men även som behovet av vila. Detta kan förklara varför eleverna i grupp 1 har svårt att komma upp i lika högt resultat som de hade på moment 1 eftersom de redan hade två mattelektioner samma dag innan moment 2. Det kan leda till att de kanske inte orkar fortsätta koncentrera sig på samma ämne den dagen. Eftersom resultatet hos grupp 1 kan ha störts av utmaningar i uppmärksamhet går det inte att få en noggrannare hypotetisk bild över hur resultat för grupp 2 skulle ha blivit om de inte gick över till digitalt skrivande.

5.1.3 Val av slumpmässig lösningsmetod

Den sista uppgiften kräver att eleverna använder sin kreativa förmåga i problemlösning. Här behöver eleverna även ha mer djupgående kunskaper i form av förståelsen för hur deras olika färdigheter hänger ihop i ett större sammanhang. Willingham (2018) berättar att dessa kunskaper kan vara utmanande att uppnå för en individ, *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig*, vilket kan innebära att elever med färre kunskaper kommer att få det svårt att lösa sista uppgiften. Bekräftelse på det kan tolkas utifrån elevernas lösningar där man kan observera att elever som hade problem med redan de tre första uppgifterna har också svårt med den sista uppgiften. Detta skulle också kunna stämma överens med Sweller et al. (2011) som säger att individer med färre inlärd kunskaper får en större utmaning även i att välja en rätt metod i svårare uppgifter, *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig*.

Den sista uppgiften i moment 1 och 2 kräver att eleverna väljer rätt slumpmässig lösningsmetod eftersom dessa uppgifter inte är identiska med dem som eleverna har övat på. Här förekommer det elever som skriver kommentar om att de inte känner igen problemet vilket kan liknas teori från Sweller et al. (2011). Den säger att individer först testas om de kan lösa problemet med tidigare kunskaper innan de går vidare till nästa steg och väljer en slumpmässig metod, *se vad händer när kunskapen saknas? i litteraturstudien*. Eftersom vid val av en slumpmässig metod vet individen inte konsekvenser av den förrän efteråt (Sweller et al., 2011) kommer eleverna att kunna avgöra effekten av den när de väl får se lösningar. Det är elevernas kunskaper i långtidsminnet som kommer att begränsa valet av en slumpmässig metod (Sweller et al., 2011), *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig i litteraturstudien*.

Den slumpmässiga metoden har en högre belastning på elevernas arbetsminne och kan leda till överbelastning (Barton, 2018), *se överbelastning i litteraturstudien*, vilket kan hindra elevens lärande (Sweller et al., 1998). I grupp 2 sker en märkbar minskning i resultat när eleverna genomför digitalt prov. Detta skulle kunna tolkas som att deras val

av passande slumpmässig lösningsmetod utmanas när de övergår till digitalt skrivande. Vilket i sin tur skulle kunna tolkas som att elevernas arbetsminne utsätts för högre överbelastning vid digitalt genomförande.

I moment 1 och 2 kan man se att elevernas påhittade problem i sista uppgiften har också brister i formuleringen och tydliga slarvfel om eleven har redan svårt att genomföra uppgifterna innan. Ett exempel på ett tydligt slarvfel som förekommer i uppgift 4 i moment 2 är att eleverna anger en funktion som inte stämmer överens med den givna kurvan. Att eleverna väljer en slumpmässig funktion utan att kontrollera att den stämmer överens med grafen i uppgiften kan indikera att de antingen upplever en högre kognitiv belastning eller att det finns avsaknad av kunskaper inom den typen av problem (Sweller et al., 2011), *se vad kan hända när kunskaper saknas? i litteraturstudien*. Det går dock inte att avgöra om just dessa elever kan räknas som svaga eftersom det inte fanns något betygsunderlag som kan visa elevernas nuvarande kunskapsnivå.

5.1.4 Automation, mycket övning

Från analysen av gruppernas resultat verkar det som att eleverna blir mer påverkade när de övergår från papper till digitalt skrivande än om de går över till papper efter digitala skrivandet. Detta skulle kunna tolkas som att elevernas färdigheter inom digitalt skrivande i det valda matematikområde i grupp 4 har redan lagras i långtidsminnet eftersom de upplever minimal påverkan av skrivverktygs bytet (Sweller et al., 2011) vilket är möjligt eftersom långtidsminnet är anpassad för att vara under en konstant förändring, *se en förklaring till långtidsminnets funktion i litteraturstudien*.

Ju mer kunskaperna blir automatiserade desto större är avlastningen på elevernas arbetsminne (Schneider och Shiffrin, 1997), *se automation av inlärd kunskaper i litteraturstudien*. Detta beror på att elevernas arbetsminne kan ses som obegränsad när de arbetar med kunskaper från långtidsminnet (Sweller et al., 2011), *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig i litteraturstudien*.

Eleverna minns kunskaper bättre när de arbetar med den under en längre tid istället för ett tillfälle (Cepeda, Pashler & Vul, 2006), *se övning och repetition i litteraturstudien*, vilket kunde ses på resultat hos grupp 2 som inte hade övat på att skriva digitalt lika mycket som digitala klasserna. Troligen har det varit ett annat resultat om eleverna hade genom till exempel spridningseffekten (Klingberg, 2011) fått mer övning i digitalt skrivande, *se övning och repetition i litteraturstudien*. Shiffrin och Schneider (1997) pratade också om att det var viktigt med mycket övning för att uppnå den automatiserad nivå av en färdighet. Detta skulle kunna betyda att eleverna i grupp 4 har redan övat tillräckligt länge på att skriva på dator för att inte påverkas av skrivverktygsbytet lika mycket som grupp 2.

Att grupp 2 dessutom hade störst minskning av redovisade lösningar när de övergick från papper till digitalt prov kan även bero på att eleverna inte vill lägga ned tid på att skriva på dator. Detta kan också tolkas som att deras färdigheter inom digitalt skrivande

inte är tillräckligt automatiserade för att kunna presentera hela lösningar digitalt lika snabbt som på pappersprov (Kotovsky, Hayes & Simon, 1985), *se automation av inlärd kunskaper i litteraturstudien*.

5.1.5 Användning av kända skrivverktyg

Eftersom grupp 2 har nästan samma förändring i tid som grupp 1 kan det innebära att det är högst troligt att de har gjort lösningar på separat papper. Troligen räckte inte tiden till för att överföra lösningar till dator när eleverna hade kommit fram till ett svar. Detta material från möjliga separata papper kunde inte samlas in på distans vilket leder till att det inte går att analysera vad uteblivna lösningar hade för struktur.

Den ökande andelen av blanka lösningar hos grupp 2 när de övergick till digitalt prov skulle också kunna tolkas som att det var för krävande för eleverna att genomföra provet. Framför allt på uppgift 4 där eleverna aldrig ha stött på ett liknande problem. Den okända typen av uppgift kan ha påverkat elevernas motivation till att försöka lösa den (Barton, 2018), *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig*. För grupp 4 skedde däremot en liten ökning av andel elever som vågade ge sig på svårare uppgifter. Detta skulle kunna tolkas att antingen blev eleverna mer motiverade med papper eller att även de löser problem först på papper och sen för in i dator.

Vidare hos de digitala grupperna kunde man läsa av att eleverna i grupp 4 även ökade antal presenterade lösningar i uppgift 3. Detta kan tolkas som antingen att fler elever i den gruppen blev mer motiverade till att presentera sina lösningar när de övergick från digitalt till papper eller att eleverna i vanliga fall väljer att inte presentera lösningar digitalt när de vet att de inte har lyckats att lösa uppgiften. Några elever i grupp 4 fotade också av sina lösningar som de gjorde på papper när de genomförde moment 1 digitalt. Detta kanske kan vara ett möjligt alternativ för elever som börjar genomföra digitala prov. Dock öppnar det också upp för fusk eftersom eleverna får möjlighet att komma åt andra funktioner på datorer som till exempel gemensamma chattfunktioner.

5.1.6 Påverkan av skillnader mellan uppgifter i moment 1 och 2

Det är intressant att trots minskat resultat i poäng mellan moment 1 och 2 framgår det inte en tydlig trend att eleverna själva upplever att uppgifterna är jobbigare när de använder olika skrivverktyg. I tidigare liknande studie, precis som här, bestod varje moment av 4 uppgifter dock var uppgifterna inom ett område som eleverna har precis lärt sig (Oviatt, 2006), *se studier som har jämfört olika skrivverktyg i litteraturstudien*. Att resultatet från moment 1 och 2 inte ger en klar bild för hur jobbigt uppgifterna upplevdes kan ha berott på att uppgifterna inte hade exakt motsvarighet mellan moment 1 och 2, *se tabell 3.2.3 i nivån på uppgifter i metod*. Eftersom eleverna följer

olika planeringar för vilken ordning de gick igenom materialet får de också olika förutsättningar över hur "färska" inlärd kunskaper är.

Enligt Kim (1999) skulle man kanske kunna se att det tar längre tid för elever att genomföra provet när deras kognitiva förmåga belastas mer, *se kognitivt utmanande uppgifter*. Denna studie visar inte på märkbar förändring hos grupperna som med säkerhet kan tolkas som att ett visst skrivverktyg ger en längre utförande tid. Detta kan bero på att eleverna kanske valde att inte spendera tid på uppgifter som de hade svårt med och därmed hoppade över dem.

Avsaknaden av åsikter från elever som svarade blankt kan också leda till en stor påverkan av helhetsbilden. Det är inte möjligt att fastställa anledningen till att eleverna svarade blankt på enkäten om hur jobbiga uppgifterna upplevs eftersom det kan både vara att de upplever att uppgifterna är för jobbiga att genomföra eller att de bara hoppar över eftersom resultatet inte påverkar deras betyg i kursen.

Att resultatet påverkas av att uppgifterna inte motsvarar varandra mellan moment 1 och 2 kan också observeras från de stora p-värden hos de digitala grupperna i tabell 4.1.4, *se gruppernas resultat som helhet i resultat och analys*. Eftersom eleverna kan ha olika styrkor och svagheter kan detta innebära att inte alla elever presterade lika högt på samma uppgift. Att det är just digitala grupper som har höga p-värden kanske beror på elevernas självständiga räknande. När eleverna räknar på egen hand på dator slumpas uppgifter fram vilket kan bidra till att elevernas färdigheter varierar inom gruppen. Detta arbetssätt ger också eleverna större frihet att välja vilka typer av uppgifter de vill lägga fokus på i jämförelse med boken där alla gör exakt samma uppgifter. Vid kursens avslut bör dessa skillnader hos eleverna jämnas ut eftersom vid denna tidpunkt ska alla elever ska ha fått övning på samtliga delar av kursen.

5.1.8 Digitala pennan

Grupp 2 som hade störst andel elever som använde digitala pennan kan tolkas som att eleverna kände sig mer bekväma med att svara med hjälpmedel som efterliknar deras normala arbetssätt. Att sedan den digitala pennan inte gjorde lika stor nytta i andra grupper går inte att fastställa utan mer undersökningar där man har större andel elever som använder sig av digitala pennan för att få en mer representativ bild över digitala pennans möjligheter och utmaningar.

5.2 Moment 3

Vilka utmaningar kan gymnasielärare stöta på när de introducerar digitalt skrivande i matematik?

Moment 3 börjar med att undersöka om digitalt skrivande verkligen kan ses som en aktuell utmaning utifrån gymnasielärarnas perspektiv. Efter att den har visat den högsta förekomsten i svaren kan det tolkas som att många lärare har oro för att eleverna inte ska kunna prestera lika högt på digitala prov som de kan med papper och penna. Vidare diskuteras utmaningar som digitalt skrivande kan ge upphov till.

5.2.1 Betydelsen av övning inom det digitala skrivandet

I litteraturstudien nämns det att förmågan att skriva tillhör de sekundära kunskaperna (Sweller et al., 2011), *se inhämtning av kunskap sett från ett evolutionsperspektiv*. Detta innebär att de behöver läras ut för att individen ska kunna lära sig dem (Geary, 2007) vilket leder till att läraren behöver "låna ut" sina kunskaper till eleverna (Sweller et al., 2011). Det digitala skrivandet liknar inte handrörelserna som eleverna gör vid handskrivning på papper vilket skulle kunna innebära att eleverna från början saknar lagrade kunskaper i långtidsminnet som underlättar inlärning av denna färdighet. Barlett (1932/1977) förklarade att för att impulser, i det fysiska aspekten av digitalt skrivande, ska ha möjlighet att lagras i scheman i långtidsminnet behöver de upprepas. Detta kan tolkas som att utan underhållning i form av upprepning av impulserna är det inte möjligt att bevara kunskaperna (Barlett 1932/1977) och uppnå den automatiserade förmågan. Detta kommer också fram i intervjuer med både lärare och elever att digitalt skrivande behöver övning vilket dessutom stärker teorin om att även den tillhör de sekundära kunskaperna som behöver läras ut.

Resultatet i undersökningen i moment 1 och 2 visade att eleverna i grupp 2 presterade betydligt sämre än förväntat när de genomförde digitala prov. Detta kan tydas som en negativ konsekvens av att eleverna inte får tillräckligt med repetition vilket leder till att kunskaperna glöms bort (Willingham, 2018). Därmed får eleverna också svårt att hantera nya utmaningar som digital inmatning (Willingham, 2018). Övning spelar även en stor roll för arbetsminnets kapacitet enligt Klingberg (2012), *se arbetsminnets kapacitet i litteraturstudien*. Enligt honom skulle arbetsminnets kapacitet kunna ökas genom träning av kunskaperna.

5.2.2 Automationsmöjligheter inom digitalt skrivande

Övning av kunskaper öppnar även upp möjligheten till att kunskaperna blir automatiserade (Schneider & Shiffrin, 1977), *se övning och repetition i litteraturstudien*. När kunskaper bli automatiserade minskas belastningen på arbetsminnet (Kotovsky, Hayes, & Simon, 1985). Detta skulle kunna innebära att eleverna som har automatiserat färdigheter inom digitalt skrivande har större möjlighet att tolka problem (Sweller et al.,

2011) och slutföra planerade steg i sina lösningar (Klingberg, 2007), *se överbelastning i litteraturstudien*. Intervjun med både lärare och elever visar att det är möjligt att automatisera färdigheter inom digitalt skrivande. Dock nämner de också att detta är en process som tar tid. Detta är något som stämmer överens med experiment utförda av Shiffrin och Schneider (1977) som visade att det kan krävas många timmar för att uppnå en automatiserad färdighet, *se övning och repetition i litteraturstudien*.

5.2.3 Förståelsen för den kognitiva belastningen

Intervjuer med lärare visar att de använder sig av variationer i undervisningen i form av både visuella och hörbara verktyg. Enligt Sweller et al. (2011) kan dessa variationer öka arbetsminnets kapacitet, *se arbetsminnets kapacitet i litteraturstudien*, eftersom informationen behandlas i olika delar av arbetsminne, *se Baddeley och Hitchs modell över hur arbetsminnet fungerar i litteraturstudien*. Hur läraren lär ut har även en stor betydelse för elevernas kognitiva belastning. Genom att väl anpassa undervisning har läraren möjlighet att minska på omständighetsrelaterad kognitiv belastning som hindrar elevernas inläring (Sweller et al., 2011), *se kognitiv belastningsteori i litteraturstudien*. Detta ger möjlighet att frigöra plats i arbetsminnet som kan tas upp av genuin kognitiv belastning som hanterar överföringen av informationen till långtidsminnet (Sweller et al., 2011).

Läraren behöver vara medveten om att den inneboende kognitiv belastning kommer att öka om eleverna ska lära sig digital skrivning samtidigt som ny kunskap inom matematik introduceras (Sweller, et al., 2011), *se kognitiv belastningsteori i litteraturstudien*. Detta kommer att ge mindre utrymme i arbetsminnet för inläring vilket skulle också kunna leda till att elever med svaga kunskaper upplever högre inneboende belastning. Om sedan om den totala kognitiva belastningen (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003) överstiger kapaciteten i elevernas arbetsminne kommer individen inte att kunna lagra nya kunskaper i långtidsminnet (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998).

Läraren behöver också vara medveten om att elevernas kapacitet i arbetsminnet kan skilja sig från elev till elev (Willingham, 2018), *se arbetsminnets kapacitet i litteraturstudien*, och det går inte att vara säker på att den kapaciteten kan ökas genom träning (Melby-Lervåg & Hulme, 2013). Eftersom det inte var någon större skillnad mellan Millers (1956) och Cowans (2001) teorier om hur många bitar av information som individen kan behandla åt gången (Bachelder, 2001), *se arbetsminnets kapacitet i litteraturstudien*, kan det vara fördelaktigt att utgå från den lägsta framtagna gränsen. I det här fallet blir det Cowans (2001) antal tal fyra för att vara säker på att så många som möjligt av eleverna kan ta åt sig informationen. Det är också viktigt att tänka på att eftersom arbetsminnet är mer känsligt för ny information kommer detta tal att sjunka när det handlar om ny information som presenteras (Sweller et al., 2011).

5.2.4 Uppmärksamhetsutmaningar i digitala klassrummet

Uppmärksamhet har en avgörande roll i elevernas lärande (Willingham, 2018) eftersom den styr över vad som kommer att hamna i elevens arbetsminne (Baddeley, 2003), *se uppmärksamhetens roll i litteraturstudien*. Enligt Klingberg (2007) är det nödvändigt med individens uppmärksamhet för att lärande ska kunna ske. Intervjun med både lärare och elever visar att elevernas uppmärksamhet kan bli en utmaning i klassrummets digitala miljö.

Från lärarens perspektiv kan det finnas svårigheter i att ha kontroll över vad eleverna gör på sina datorer och från eleverna perspektiv kan det till exempel skapas utmaningar med att hålla kvar uppmärksamheten på läraren vid genomgångar. För att eleverna ska kunna uppnå mer avancerad förståelse är det nödvändigt att det finns fri kapacitet i arbetsminne (Pass, Renkl, & Sweller, 2003), *se kognitiv belastningsteori i litteraturstudien*. Speciellt när ny information presenteras där elevens arbetsminne belastas som mest (Sweller et al., 2011) får den kontrollerade uppmärksamheten (Klingberg, 2007) en begränsad plats i arbetsminnets fria kapacitet som kvarstår.

5.2.5 Hänsyn till elevernas förkunskaper

Helhetsintrycket av intervjuer med lärare och elever visar att eleverna kommer med olika förkunskaper inom digitalt skrivande. Detta kan tolkas som att det inte går att anta att alla elever behärskar någon specifik nivå av digitalt kunnande. Genom att läraren förklarar alla steg i digitalt skrivande har den möjlighet att komma åt elever som inte har tillräckligt med bakgrundskunskaper och på detta sätt göra det möjligt för alla elever att förstå informationen (Alexander, Kolokowich & Schulze, 1994), *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig i litteraturstudien*. Detta kommer enligt Silvia (2008) kommer att öppna upp intresset för fler elever att våga sig in i nya problem vilka i detta fall blir i den digitala miljön.

Från intervju med både lärare och elever kom det också fram att det är vanligast att eleverna har arbetat mest med papper och penna innan gymnasiet. Detta kan innebära att deras handrörelser vid skrivning har redan har lagrats i implicita minne i långtidsminnet (Lundaläkare, 2019), *se en förklaring av långtidsminnets funktion i litteraturstudien*, vilket leder till att dessa mentala processer kan räknas som automatiserade (Willingham, 2018). På detta sätt kan skrivning för hand räknas att ha en minimal belastning på arbetsminnet i motsatsen till digitalt skrivande som långt ifrån alla elever övat på. Det digitala skrivande blir därmed en ny kunskap för eleverna.

Hur kan rekommendationer till lärare se ut vid införande av digitalt skrivande i matematikundervisningen?

För att kunna besvara ovanstående frågeställningar diskuteras först vad läraren skulle kunna göra för att göra det lättare för eleverna när de övergår till digitalt skrivande i matematiken.

5.2.6 Vad kan lärare göra för att underlätta övergången till digitalt skrivande?

Genom att läraren är med i början av introduktionen av digitalt skrivande kan eleverna lära sig hur de ska börja för att sedan kunna utvecklas vidare på egen hand (Sweller et al., 2011), *se inhämtning av kunskap sett från ett evolutionsperspektiv i litteraturstudien*. På detta sätt kan eleverna imitera läraren och öppna upp möjlighet för att deras kunskaper ska bli så effektiva som möjligt (Sweller et al. 2011). Sedan är det precis som Sweller et al. (2011) nämner, är det elevernas primära färdigheter kommer att avgöra hur väl ny kunskap kommer att lagras, *se lån av kunskap i litteraturstudien*.

I intervjun med eleverna har det också visat sig att eleverna föredrog när läraren visade och förklarade både hur man skriver digitalt och hur de olika programmen på datorn fungerar. Detta kan tolkas som att den grundliga genomgången skulle kunna minska risken för läraren att falla in i "kunskapsförbannelse" (Barton, 2018) där läraren har svårt att se alla utmaningar som eleverna stöter på när de går över till digitalt skrivande, *se lärarens roll i litteraturstudie*.

Enligt Mayer (2004), *se en förklaring av långtidsminnets funktion i litteraturstudien*, underlättar det för eleverna att ny information bygger på det som eleverna redan har i långtidsminnet. Detta skulle kunna tillämpas när man introducerar digitalt skrivande. Eftersom kunskaperna om digitalt skrivande troligen inte finns kanske det hade varit möjligt att ta hjälp av matematikkunskaperna där eleverna känner igen sig. På detta sättet kan elevernas inlärd kunskaper utvecklas både som assimilation och ackommodation (Piaget, 2013). Assimilation blir här de matematiska kunskaperna och ackommodation kommer att vara digitalt skrivande (Piaget, 2013), *se schemateori i litteraturstudien*.

Eftersom det digitala skrivande och matematikkunskaper skulle kunna ses som två element med låg interaktivitet (Sweller et al., 2011), *se kognitiv belastningsteori*. Kan detta öppna upp möjlighet för läraren att behandla dem var för sig och därmed minska belastning på elevernas arbetsminne (Sweller, Van Merriënboer & Pass, 1998), *se kognitivt utmanande uppgifter i litteraturstudien*. Enligt Ayres (2001) är det även gynnsamt för elevernas lärande att uppgifter innehåller så få steg som möjligt i början av nytt material. Sedan när eleverna förstår grundkunskaper behöver färdigheterna läggas ihop till slut för att eleverna ska kunna få förståelsen för hur digitalt skrivande fungerar i den specifika matematiska momentet (Pass, Renkl, & Sweller, 2003), *se överbelastning i litteraturstudien*. Läraren skulle kunna plocka ut detaljer som elever har svårt med inom digitalt skrivande och göra olika varierande övningar som övar upp denna svaghet (Willingham, 2018), *se övning och repetition i litteraturstudien*, för att sedan koppla det ihop till ett större moment. Här kan det också finnas möjlighet att

minska belastningen på arbetsminnet genom att fokusera på att eleverna ska lära sig hantera digitalt skrivande utantill (Sweller et al. 2011), se *överbelastning i litteraturstudien*, till exempel veta vart olika tecken är.

Det kunde kanske också vara möjligt att lägga större vikt på repetition för att minska kognitiv belastning i början av en nytt avsnitt i matematiken. Även Sweller et al., (2011) nämnde att för att eleverna ska ha möjlighet att lösa mer komplexa uppgifter behöver de ha kunskaper i långtidsminnet eftersom detta leder till att inneboende kognitiv belastning minskas. Hos elever med få kunskaper i långtidsminnet blir det extra viktigt för läraren att anpassa sin undervisning för att ha så låg omständighetsrelaterad kognitiv belastning som möjligt (Sweller et al., 2011). Detta kan göras genom att till exempel undvika osammanhängande fakta och för många steg i lösningar (Willingham, 2018), se *överbelastning i litteraturstudien*, och i fall där detta är inte möjligt avsätta mer tid för att kunna sakta ned tempo av genomgången och skriva upp minnesstöd på tavlan. På detta sätt kan man öppna upp för den genuina kognitiva belastningen (Barton, 2018), se *kognitiv belastningsteorin i litteraturstudien*, som gör det möjligt för eleven att lära sig. som Oviatt (2006) nämner i hennes studie att det kognitiva förmåga ansträngs mycket vid inläring av nya kunskaper.

Från intervjun med elever har det kommit fram en önskan om att lärare ska visa vad den har för förväntningar på elevernas lösningar. Genom att läraren är tydlig med vad den förväntar sig av eleverna skulle det kanske kunna minska den omständighetsrelaterade kognitiva belastningen hos eleverna (Sweller et al., 2011). Här behöver läraren vara noggrann med att ha samma nivå av förväntningar på alla elever i klassrummet oavsett elevernas nivå för att inte tappa trovärdigheten (Willingham, 2018). Det är viktigt att skapa klimat i klassrummet där misslyckanden är en process i lärandet och att man alltid kan bli bättre (Willingham 2018). Motivera dem framåt och visa att de kan uppnå allt om de jobbat hårt, se *lärarens roll i litteraturstudien*.

Den digitala pennan skulle också kunna öppna upp möjligheten för eleverna att ta vara på färdigheter från handskrivning och därmed kanske kunna underlätta för eleverna övergången till digitalt skrivande. Dock kommer eleverna också behöva öva på att skriva med den digitala pennan för att känna sig bekväma med den vilket kom fram i både intervju med lärare och elever. Utöver det har lärare i intervjun märkt att den digitala pennan kanske kan bidra med att eleverna kommer igång med matematiken snabbare under lektionerna.

En sista sak att tänka på som lärare är att för många detaljer kan hindra elevens lärande liksom överflödiga information eftersom eleverna behöver lägga ett större fokus på att filtrera bort onödig information (Barton, 2018), se *överbelastning i litteraturstudien*.

6. Slutsats

Detta avsnitt sammanfattar svar på frågeställningar och ger sedan förslag på vidare studier.

Detta arbete har undersökt vad som kan hända när digitalt skrivande börjar användas i matematikundervisningen i gymnasiet.

6.1 Hur påverkar det digitala skrivandet och den digitala pennan elevernas lösningar i uppgifter inom ett matematiskt område?

Undersökningen i detta arbete visar att digitalt skrivande kan vara utmanande för elever som saknar tillräckligt övning. Vidare visar denna studie att den digitala pennan skulle kunna gynna elever som inte är vana med att skriva med tangenter i matematiken.

6.2 Vilka utmaningar kan gymnasielärare stöta på när de introducerar digitalt skrivande i matematik?

Det finns många utmaningar som lärare kan stöta på när de introducerar digitalt skrivande. Lärare behöver ta hänsyn till många olika faktorer speciellt eftersom eleverna kan ha olika förkunskaper inom digitalt skrivande. Läraren behöver ha kunskap om hur den kognitiva belastningen hos eleverna kan komma att öka när digitalt skrivande införs. Sedan kan uppmärksamheten också bli en utmaning i det digitala klassrummet bland annat när eleverna får tillgång till andra informationskällor via datorn. Det slutgiltiga målet för lärare bör vara att sträva mot att eleverna ska uppnå automatiserade färdigheter inom digitalt skrivande för att kunna prestera på bästa möjliga nivå.

6.3 Hur kan rekommendationer till lärare se ut vid införande av digitalt skrivande i matematikundervisningen baserat på elevers upplevelser och lärarnas erfarenheter, empiriskt material och teoretiska ramverk?

Rekommendationer för lärare behöver ta hänsyn till utmaningar som har tagits fram i frågeställningen innan. Ett förslag på hur rekommendationer kan se ut finns i bilaga, *se rekommendationer för gymnasielärare... i bilaga*. Detta är bara ett förslag som skulle behövas utvärderas och undersökas vidare i hur väl den fungerar i praktiken för att slutligen ta fram en väl omarbetad version som skulle kunna tillämpas på olika skolor.

6.4 Möjliga förbättringar för moment 1 och 2

För att ha möjlighet att uppnå ett mera pålitligt resultat av liknande undersökning utvecklas en checklista. Tanken är att den ska fungera som ett stödunderlag för framtagandet av nya uppgifter och genomförandet, *se Checklista för återskapandet av moment 1 och 2 av undersökningen i bilaga.*

6.5 Förslag på vidare forskning

Eftersom detta arbete har visat att eleverna kan påverkas olika av digital skrivning är det viktigt att göra fler studier inom detta område. Framför allt för att uppfylla ett av Globala målen där det ska vara likvärdig gymnasieutbildning för eleverna, *se globala hållbarhetsmål i introduktionen.*

Digitalt skrivande

Det hade varit intressant att undersöka tidsåtgången per uppgift. Barton (2018) nämnde att det kommer att finnas skillnader i hur lång tid elever spenderar per uppgift beroende på om de har kunskap eller håller på att lära sig, *se skillnader mellan elever som kan och de som håller på att lära sig i litteraturstudien.* Genom att undersöka tidsåtgången per uppgift skulle det vara möjligt att på detaljnivån undersöka hur eleverna påverkas av digitalt skrivande.

För att minska påverkan av elevernas olika utbildningsplaner kan man genomföra testerna i vid olika tillfällen i samband med att gruppen avslutar ett specifikt matematiskt område som momenten behandlar.

Genomföra liknande studie i klassrumsmiljö för att ha möjlighet att samla in elevernas lösningar som inte kommer med i lösningar som de lämnar in. Detta skulle vara användbart speciellt i det digitala utförandet där eleverna troligen arbetar med papper innan de för in lösningar i dator.

Undersöka om det förekommer skillnader mellan olika skolor. Kommer elevernas bakgrund eller skolans geografiska område påverka hur mottaglig eleverna är för digitalt skrivande.

Denna studie har visat att eleverna behöver övning för att kunna prestera lika bra med digitalt skrivande som med papper och pennan. Men hur mycket träning behöver eleverna i genomsnitt för att kunna uppnå det?

Från resultat i denna studie syntes det tydligt att antal presenterade lösningar hade minskat. På vilket sätt kan lärare motivera eleverna till att presentera sina lösningar. Går det att utveckla material som hjälper till att få fram elevernas lösningar digitalt?

Se över om lärarnas utbildning är uppdaterad tillräckligt mycket för att de nyexaminerade lärarna ska vara redo inför den digitala miljön i framtidens skolor.

Undersöka om digitalt skrivande har påverkan på eleverna som väljer att fortsätta till högre utbildning. Kommer eleverna att kunna anpassa sig till att gå tillbaka till papper och penna efter den digitala miljön på gymnasiet?

Digitala pennan

Undersöka digitala pennans påverkan på elevernas prestation i en större skala. Vad kommer att hända om alla elever måste svara med hjälp av den digitala pennan mot att alla måste svara med hjälp med tangentbordet.

Undersöka om det kommer bli skillnad i elevernas prestationer när man har två grupper som arbetar på papper vanligtvis. Sen vid moment 2 får en grupp bara svara med tangenter och den andra bara med digitala pennan. Kommer man att kunna se märkbara skillnader?

7. Litteratur

- Alexander, P.A., Kulikowich, J.M. & Schulze, S. K. (1994). How subject matter knowledge affects recall and interest. *American Educational Research Journal*, 31, 313-337. <https://doi.org/10.2307/1163312>
- Alshahrani, A. (2017). Comparison of Three Models Dealing with Working Memory and Its Dimensions in Second Language Acquisition. *International Journal of Applied Linguistics and English Literature*, 7(38). 10.7575/aiac.ijalel.v.7n.1p.38. (CC BY 4.0)
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control process. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 2, 89-195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Ayres, P., & Sweller, J. (1990). Locus of difficulty in multistage mathematics problems. *The American Journal of Psychology*, 103, 167–193. <https://doi.org/10.2307/1423141>
- Ayres, P. L. (2001). Systematic mathematical errors and cognitive load. *Contemporary Educational Psychology*, 26, 227–248. <https://doi.org/10.1006/ceps.2000.1051>
- Bachelder, B. (2001). The magical number 4 = 7: Span theory on capacity limitations. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 116-117. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01243921>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley, A. (2000) The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*. 36(3). 189-208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford University Press.
- Bartlett, F. C. (1977). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge University Press. (Originalarbete publicerat 1932).
- Barton, C. (2018). *Hjärnan i matematikundervisningen: Erfarenhet, vetenskap, klassrumspraktik*. Natur & Kultur.
- Bishop, S. (2019). *Cognitive load theory* [PowerPoint-presentation]. Hämtad juni 15, 2020 från Slideshare <https://pt.slideshare.net/sbishop2/cognitive-load-theory-148926868>
- Bryman, A (2018) *Samhällsvetenskapliga metoder* (3. uppl.). Liber.
- Campbell, J. I. D., & Charness, N. (1990). Age-related declines in working-memory skills: Evidence from a complex calculation task. *Developmental Psychology*, 26, 879–888. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.26.6.879>
- CB Du Rietz. (2014) Öga [fotografi]. Hämtad från <https://www.flickr.com/photos/cbdurietz/15687017165/>. (CC BY 2.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>
- Cepeda, N.J., Pashler, H. & Vul, E. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132, 354-380. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.3.354>
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity.

Behavioral and Brain Sciences, 24, 87–114. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>

Cowan, N. (2010) The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why?. *Current Directions in Psychological Science*, 19, 51-57. <https://doi.org/10.1177/0963721409359277>

Dahlström, H. & Boström, L. (2017). Pros and Cons: Handwriting Versus Digital Writing. *Nordic Journal of Digital Literacy*. Volum 12. s. 143-161. Research Publication. <https://doi.org/10.18261/issn.1891-943x-2017-04-04>.

Denscombe, M. (2018) *Forskningshandboken: För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Studentlitteratur AB.

Egidius, H. (u.å.) *Psykologilexikon*. Hämtad 17 mars 2020 från <https://www.psykologiguiden.se/psykologilexikon/?Lookup=kognitiv+belastning>

Geary, D. C. (2007). Educating the evolved mind: Conceptual foundations for an evolutionary educational psychology. In J. S. Carlson & J. R. Levin (Eds.), *Psychological perspectives on contemporary educational issues* (1–99). Information Age Publishing.

Geary, D. C. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43, 179–195. <https://doi.org/10.1080/00461520802392133>

Globala målen. (2020). Mål 4: God utbildning för alla. Hämtad 29 juni från <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-4-god-utbildning-alla/>

Hattie, J., Fisher, D., Frey, N., Gojak, L. M., Deleno Moore, S. & Mellman, W. (2017). *Framgångsrik undervisning i matematik: en praktisk handbok*. Natur & Kultur.

Klingberg, T. (2007). *Den översvämmade hjärna: En bok om arbetsminne, IQ och den stigande informationsfloden*. Natur & Kultur.

Kim, S-I. (1999). Causal bridging inference: A cause of story interestingness. *British Journal of Psychology*, 90, 57-71. <https://doi.org/10.1348/000712699161260>

Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7). 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.05.002>

Klingberg, T. (2011). *Den lärande hjärnan: Om barns minne och utveckling*. Natur & Kultur.

Klingberg, T. (2012). Is working memory capacity fixed? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 194–196. doi:10.1016/j.jarmac.2012.07.004

Kotovsky, K. Hayes, J.R. & Simon, H.A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17(2), 248-294. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(85\)90009-X](https://doi.org/10.1016/0010-0285(85)90009-X)

Mathcracker. (2020). T Distribution Graph Generator [graf]. Hämtad från <https://mathcracker.com/t-distribution-graph-generator#results>.

Mayer, R.E. (2004). Teaching of subject matter. *Annual Review of Psychology*, 55, 715 - 744. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.082602.133124>

Megancamp. (2010). *The cognitive load theory* [PowerPoint-presentation]. Hämtad juni 15, 2020 från Slideshare <https://www.slideshare.net/megancamp/the-cognitive-load-theory>

Melby-Lervåg, M. & Hulme, C. (2013). Is Working Memory Training Effective? A Meta-Analytic Review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270–291. <https://doi.org/10.1037/a0028228>

- Miller GA (1956). The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Oviatt, S. (2006). Human-Centered Design Meets Cognitive Load Theory: Designing Interfaces that Help People Think. *Proceedings of the 14th Annual ACM International Conference on Multimedia, MM 2006*, 23, 871-880. <https://doi.org/10.1145/1180639.1180831>
- Oviatt, S. L., Arthur, A. & Cohen, J. 2006. Quiet interfaces that help student think. *Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software technology*. ACM Press, 191 - 200. <https://doi.org/10.1145/1166253.1166284>
- Oviatt, S. L., Arthur, A., Brock, Y. & Cohen, J. 2007. Expressive pen-based interfaces for math education. *In Proceedings of the 8th international conference on Computer supported collaborative learning*. ISLS Press, 573 - 582. Hämtad från <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/1599600.1599708>
- Oviatt, S. 2013. Interfaces for thinkers: computer input capabilities that support inferential reasoning. *Proceedings of the 15th ACM on Multimodal interaction*. ACM Press, 221 - 228. <https://doi.org/10.1145/2522848.2522849>
- Pass, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38, 63–71. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_8
- Paas, F. G. W. C., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419–430. <https://doi.org/10.2466/pms.1994.79.1.419>
- Regeringskansliet. (2017a). Lagrådsremiss om digitalisering av nationella prov. Hämtad 2020-02-07 från <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2017/06/lagratsremiss-om-digitalisering-av-nationella-prov/>
- Regeringskansliet. (2017b). Uppdrag att digitalisera de nationella proven m.m. Hämtad 2020-02-07 från <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2017/09/uppdrag-att-digitalisera-de-nationella-proven-m.m/>
- Ross, S.M. (2014). *Introduction to probability and statistics for engineers and scientists* (5). Elsevier Korea L.L.C.
- Santalla, P. Z. R. (2000). *El sistema de memoria humana: Memoria episódica y semántica*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84(1), 1–66. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.1.1>
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.127>
- Silvia, P.J. (2008). Interest: The curious emotion. *Current Directions in Psychological Science*, 17, 7 - 60. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00548.x>
- Skolverket (Producent). (2018). Om digitaliseringens påverkan på samhället [Podcast]. Hämtad 2020-02-10 från <https://soundcloud.com/skolverket/om-digitaliseringens-paverkan-pa-samhallet>
- Skolverket. (u.d.). Ämne - Matematik. Hämtad 2020-02-20 från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasi>

eprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DMAT%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfce44715d35a5cdfa92a3

Skolverket. (2019). *Skolchef: Är din organisation redo att genomföra digitala nationella prov?* [PowerPoint.presentation]. Hämtad 2020-02-07 från <https://www.skolverket.se/download/18.75bdbbb116e7434ebf8152a/1576831116901/Digitalisering%20av%20nationella%20prov.pdf>

Skolverket. (2020a). Digitalisering av de nationella proven. Hämtad 2020-02-07 från <https://www.skolverket.se/om-oss/var-verksamhet/skolverkets-prioriterade-omraden/digitalisering/digitala-nationella-prov/digitalisering-av-de-nationella-proven>.

Skolverket. (2020b). Ändrad tidplan för digitala nationella prov. Hämtad 2020-02-07 från <https://www.skolverket.se/om-oss/press/pressmeddelanden/pressmeddelanden/2020-01-23-andrad-tidplan-for-digitala-nationella-prov>

Skolverket. (2020c). Genomföra och bedöma nationella prov i gymnasieskolan. Hämtad 2020-02-07 från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/nationella-prov-i-gymnasieskolan/genomfora-och-bedom-a-prov-i-gymnasieskolan#Attgoraprovmeddatorellerandradigitalaverktyg>

Skolverket. (2020d). Digitala nationella prov – vilken digital kompetens behöver du som lärare ha? Hämtad 2020-02-07 från <https://www.skolverket.se/om-oss/var-verksamhet/skolverkets-prioriterade-omraden/digitalisering/digitala-nationella-prov/digitala-nationella-prov---vilken-digital-kompetens-behoover-du-som-larare-ha>

Smith, M. S. & Stein, M. K. (1998). Selecting and Creating Mathematical Tasks: From Research to Practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(5), s. 344–350.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–295. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>

Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>

Thienen, D., Sajjadi, P. & Troyer, O. (2015). *Smart study: Pen and Paper based e-learning*. Schweiz: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19875-0_9

Van Gog, T., & Paas, F. (2008). Instructional efficiency: Revisiting the original construct in educational research. *Educational Psychologist*, 43, 16–26. <https://doi.org/10.1080/00461520701756248>

Willingham, D.T. (2018). *Varför gillar elever inte skolan?*. Natur & Kultur.

8. Bilaga

Rättningsmall

Uppgifterna rättades enligt följande tabell:

Moment 1			Moment 2		
Uppgift 1: Max 1 poäng			Uppgift 1: Max 1 poäng		
1 poäng		<i>rätt svar med ord eller formel</i>	1 poäng		<i>rätt svar $x=7$</i>
0,75 poäng		<i>slarvigt svar t.ex. anger formel men ingen tydlig koppling till uppgiften</i>	0,75 poäng		<i>slarvigt svar t.ex. 7</i>
0,5 poäng		<i>bristfällig lösning t.ex. anger fel namn och rätt formel eller räknar ut istället för att besvarar frågan</i>	0,5 poäng		<i>bristfällig lösning t.ex. två värden på x</i>
0 poäng		<i>fel svar</i>	0 poäng		<i>fel svar</i>
Uppgift 2: Max 2 poäng			Uppgift 2: Max 2 poäng		
2 poäng		<i>rätt svar på a) <u>och</u> b) med lösningar</i>	2 poäng		<i>rätt svar på a och b</i>
1,5 poäng		<i>rätt på antingen a) eller b) med lösning</i>	1 poäng		<i>rätt på antingen a eller b</i>
1 poäng		<i>rätt på antingen a) <u>och</u> b) utan lösning</i>	0 poäng		<i>fel svar</i>
0,5 poäng		<i>rätt på antingen a) eller b) utan lösning</i>			
0 poäng		<i>fel svar</i>			
Uppgift 3a : Max 2 poäng			Uppgift 3.1 : Max 2 poäng		
2 poäng		<i>rätt svar med motiverad lösning</i>	2 poäng		<i>rätt svar för båda konstanter med lösning</i>
1,5 poäng		<i>rätt svar med lösning utan förklaring eller rätt lösning med förklaring men ett enklare slarvfel ger fel svar</i>	1,5 poäng		<i>rätt på båda konstanter, lösning med tydliga brister t.ex. siffror dyker upp utan förklaring</i>
1 poäng		<i>endast rätt svar t.ex. $a=20$</i>	1 poäng		<i>endast rätt svar på båda konstanter utan lösning eller rätt svar på en av konstanter</i>
0,5 poäng		<i>svarar bara med en siffra eller fel namn på konstanten</i>			

		<i>t.ex. 20 eller $x=20$</i>			<i>med lösning</i>
0	poäng	<i>fel svar eller blankt</i>	0,5	poäng	<i>rätt på en av konstanter och utan lösning</i>
			0	poäng	<i>fel svar eller blankt</i>
Uppgift 3b : Max 2 poäng			Uppgift 3.2 : Max 2 poäng		
2	poäng	<i>rätt svar med motiverad lösning</i>	2	poäng	<i>rätt svar för båda konstanter med lösning</i>
1,5	poäng	<i>rätt svar med lösning utan förklaring eller rätt lösning med förklaring men missar sista uträkning för rätt svar eller rätt lösning med förklaring men ett enklare slarvfel ger fel svar</i>	1,5	poäng	<i>rätt på båda konstanter, lösning med tydliga brister t.ex. siffror dyker upp utan förklaring eller slarvfel i början men lösningen är rätt och skulle ha gett rätt svar</i>
1	poäng	<i>endast rätt svar t.ex. 7m</i>	1	poäng	<i>rätt svar på båda konstanter utan lösning eller rätt svar på en av konstanter med lösning</i>
0,5	poäng	<i>svarar bara med en siffra t.ex. 7</i>	0,5	poäng	<i>rätt på en av konstanter och utan lösning</i>
0	poäng	<i>fel svar eller blankt</i>	0	poäng	<i>fel svar eller blankt</i>
Uppgift 4 : Max 3 poäng			Uppgift 4 : Max 3 poäng		
1	poäng	<i>Beskriver ett verklighetsbaserat problem som förklarar vad ekvationen betyder</i>	1	poäng	<i>Beskriver ett verklighetsbaserat problem som förklarar vad ekvationen betyder</i>
+			+		
1	poäng	<i>Genomför korrekt lösning med rimligt svar</i>	1	poäng	<i>Genomför korrekt lösning med rimligt svar</i>
+			+		
1	poäng	<i>Motiverar valda strategier, lösning är strukturerad och är lätt att följa</i>	1	poäng	<i>Motiverar valda strategier, lösning är strukturerad och är lätt att följa</i>
0	poäng	<i>fel svar eller blankt</i>	0	poäng	<i>fel svar eller blankt</i>

Uppgifter Moment 1

Moment 1:

NAMN: _____ KLASS: _____

Del A: Digitala verktyg är inte tillåtna. Skriv dina lösningar på separat papper.

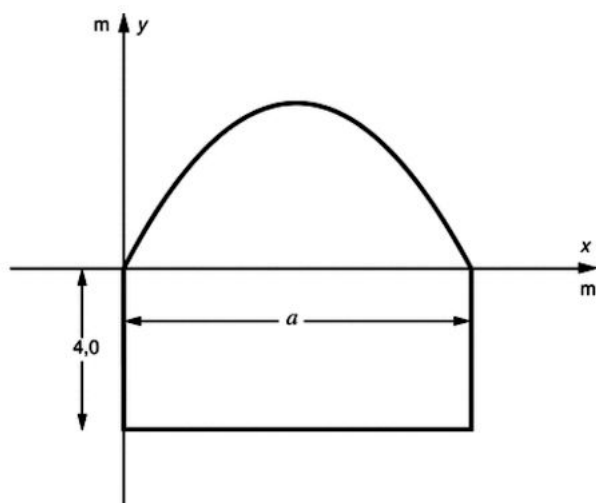
1) Vilken regel kan du använda för att förenkla $(x + 6)(x - 6)$? 1/0/0

2) Lös ekvationerna

a) $x^2 - 64 = 0$

b) $x^{\frac{1}{2}} = 2$ 2/0/0

3) En badmintonhall har ett välvt tak. I figuren nedan ser du badmintonhallens ena gavel inlagd i ett koordinatssystem. Det välvda taket blir då en kurva i koordinatsystemet. Denna kurva kan beskrivas genom sambandet $y = 0,6x - 0,03x^2$.



a) Bestäm gavelns bredd a .

b) Som du ser i figuren är hallens lägsta takhöjd 4,0 m.
Hur stor är den högsta takhöjden?

0/4/0

4) Hitta på ett verklighetsbaserat problem som beskriver vad ekvationen representerar:

$$x^2 - 2x = 35$$

Lös problemet du har skapat utan att använda matematiska regler. Motivera dina val och förklara din lösning.

0/0/3

Bedömningsanvisningar

- | | | |
|----|---|-------------------|
| 1) | Konjugatregeln | |
| | Korrekt svar | + E _B |
| 2) | a) | |
| | Korrekt svar med BÅDA rötterna angivna. | + E _P |
| | b) | |
| | Korrekt svar. | + E _P |
| 3) | a) $a = 20$ m | |
| | Redovisad godtagbar metod | + C _M |
| | med godtagbart svar. | + C _{PL} |
| | b) 8 m | |
| | Redovisad godtagbar metod | + C _M |
| | med godtagbart svar. | + C _{PL} |
| 4) | Beskriver ett verklighets baserat problem. | + A _R |
| | Genomför en korrekt lösning med rimligt svar. | + A _{PL} |
| | Motiverar valda strategier, lösningen strukturerad och lätt att följa | + A _K |

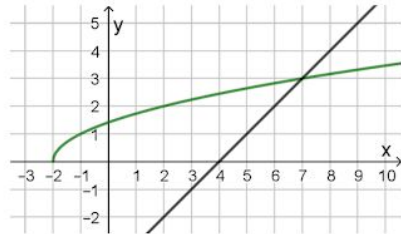
Uppgifter Moment 2

NAMN: _____

KLASS: _____

Del A: Digitala verktyg är inte tillåtna. Skriv dina lösningar på separat papper.

- 1 På bilden ser du graferna av två funktioner:
 $y = \sqrt{x+2}$ och $y = x - 4$.
Vad är lösningen till ekvationen
 $\sqrt{x+2} = x - 4$?



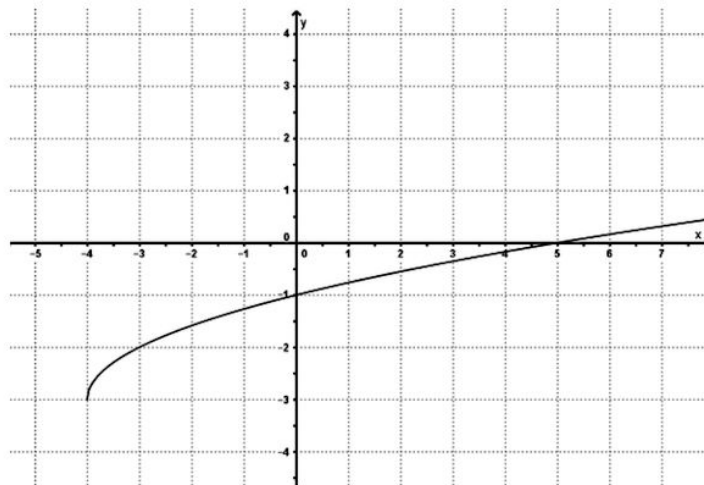
1/0/0

- 2 Utveckla uttrycken.

- a) $(x - 3)^2$
b) $(x + 5)(x - 5)$

2/0/0

3a



I figuren visas grafen till en funktion

$$f(x) = \sqrt{x+a+b}$$

Bestäm a och b .

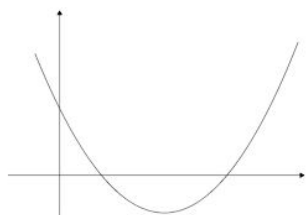
0/2/0

- 3b Kurvan $y = ax^2 + bx$ går genom punkterna $(1, 4)$ och $(-2, 28)$.
Bestäm konstanterna a och b .

0/2/0

4

hitta på ett verklighetsbaserat problem som beskriver vad grafen representerar.



Lös problemet du har skapat. Motivera dina val och förklara din lösning.

0/0/3

Bedömningsanvisningar

1	$x = 7$ Korrekt svar	+ E _P
2	a) $x^2 - 6x + 9$ Korrekt svar.	+ E _P
	b) $x^2 - 25$ Korrekt svar.	+ E _P
3a	$a = 4$ $b = -3$ Korrekt värde på en av konstanterna Korrekt värde på båda konstanterna.	+ C _B + C _B
3b	$a = 6$ $b = -2$ Godtagbar ansats, t ex korrekt uppställt ekvationssystem $\begin{cases} 4 = a + b \\ 28 = 4a - 2b \end{cases}$ med i övrigt godtagbar lösning och korrekt svar.	+ C _{PL} + C _P
4	Beskriver ett verklighetsbaserat problem. Genomför en korrekt lösning med rimligt svar. Motiverar valda strategier samt lösning är strukturerad och är lätt att följa.	+ A _R + A _{PL} + A _K

Enkät

Datum:

Inlämningstid:

Namn: _____

Markera med X påståendet som bäst stämmer överens med din upplevelse.

Uppgift 1

Hur jobbigt upplevde du att det var att lösa uppgiften?

Inte alls jobbigt	Lite jobbigt	Jobbigt	Väldigt jobbigt	För jobbigt	Vet ej

Uppgift 2

Hur jobbigt upplevde du att det var att lösa uppgiften?

Inte alls jobbigt	Lite jobbigt	Jobbigt	Väldigt jobbigt	För jobbigt	Vet ej

Uppgift 3

Hur jobbigt upplevde du att det var att lösa uppgiften?

Inte alls jobbigt	Lite jobbigt	Jobbigt	Väldigt jobbigt	För jobbigt	Vet ej

Uppgift 4

Hur jobbigt upplevde du att det var att lösa uppgiften?

Inte alls jobbigt	Lite jobbigt	Jobbigt	Väldigt jobbigt	För jobbigt	Vet ej

Intervjufrågor till lärare

- Upplever du att eleverna har svårt med digitalt arbetssätt i matematik? I så fall på vilket sätt?
- Hur introduceras de digitala verktygen just nu?
- Vilka utmaningar har du stött på när du har introducerat digitalt skrivande för elever?
- Finns det någon strategi på skolan som har visat framgång när det gäller att introducera digitalt skrivande i matematik?
- Märker man någon förändring i hur eleverna presterar när de börjar arbeta med matematiken med hjälp av datorer i klassrummet? *I jämförelse med när de har arbetat med papper och pennor.*
- Vad kan ni se för fördelar med digitalt skrivande i matematikundervisningen? *För dig som lärare. För eleverna.*
- Vad kan ni se för nackdelar med digitalt skrivande i matematikundervisningen? *För dig som lärare. För eleverna.*
- Hur många år har du arbetat med digitalt skrivande i matematik på skolan?
- Har ni sett någon förändring över tid i elevernas arbete digitalt i matematik? *Från när de har börjat jämfört med några månader efter*
- Har ni sett någon förändring över tid i hur väl nya elever är förberedda inför digitalt arbete när de börjar på gymnasiet?

Intervjufrågor till elever

- Vad hade du för erfarenheter med att skriva på dator innan du började gymnasiet?
- Hade du använt dator för att plugga matte på grundskolan?
Om ja: Nämn gärna två exempel på hur:
- Har du börjat skriva mer på dator sen du började på gymnasiet? *När du gör skolarbete*
Om ja: I vilka sammanhang har det blivit mer? *Kan du ge exempel på hur?*
- Använder du dator när du pluggar matte nu?
Om ja:
 - På vilket sätt använder du datorn när du pluggar matte?
 - Vad tycker du var svårt att lära sig när du började plugga matte med hjälp av dator?
Om ja: Kan du komma på en till sak?
 - Vad har varit enkelt att lära sig när du började plugga matte med hjälp av dator?
Om ja: Kan du komma på en till sak?
 - Hade du velat haft någon speciell hjälp när du började använda dator i matte?
Om ja: Kan du komma på något nu som hade kunnat hjälpa dig med att komma igång bättre med att använda datorn i matte?
Om nej: Varför inte?
 - Vilka fördelar upplever du med att arbeta med matte på dator? *Nämn gärna minst två*
 - Vilka nackdelar upplever du med att arbeta med matte på dator? *Nämn gärna minst två*
 - Vad tycker du om att arbeta med matte på dator? och skriva matte på dator?

Checklista för återskapandet av moment 1 och 2 undersökningen

Uppgifter:

- Moment 2 lika många uppgifter som moment 1
- Varje uppgift på moment 2 har **lika många poäng** som motsvarande uppgift på moment 1
- Varje uppgift på moment 2 **testar samma kunskapsområde** som motsvarande uppgift på moment 1
- Varje uppgift på moment 2 **har samma svårighetsgrad** som motsvarande uppgift på moment 1
- Varje uppgift på moment 2 **kräver ungefär liknande lösning** som motsvarande uppgift på moment 1

Åsikter:

- Moment 2 kommer att ge **samma totala antal** åsikter som moment 1

Under genomförandet:

- Genomför undersökningen i samband att elevgruppen har lärt sig det undersökande matematiska området
- Om möjligt genomför undersökningen i klassrumsklimat där eleverna inte kan samarbeta med varandra
- Om möjligt genomför moment tidigt under dagen
- Samla alla kladdpapper för att se vilka lösningar eleverna valde att inte redovisa. Detta gäller speciellt när eleverna genomför momentet digitalt
- Kontrollera att eleverna fyller i alla rutor i åsikts enkäten innan de lämnar in
- Anteckna inlämningstid för varje elev

Rekommendationer till gymnasielärare inför införandet av digitalt skrivande i matematikklassrum

När du som lärare ska introducera digitalt skrivande till dina elever är det viktigt att fundera över följande punkter:

- **Elevernas erfarenhet** med att arbeta på datorn kan variera. Du kan få eleverna som aldrig ha använt datorn tidigare. Därför kan det vara fördelaktigt för dig som lärare att anta att eleverna har minimala kunskaper i början.
- **Elevernas uppmärksamhet** kan utmanas mer när de får tillgång till digitala verktyg. Det kan vara fördelaktigt för dig som lärare att vara medveten om störningar som kan påverka elevernas fokus på lektionen.
- Genom att ha **variationer i undervisningen** ökar du som lärare möjlighet att nå till fler elever i klassrummet.
- Det kan vara utmanande för eleverna att ta in mycket ny information. Du som lärare kan underlätta det genom att behandla **informationen i mindre** delar för sig innan allt sätts ihop till ett större sammanhang. Tänk på att digitalt skrivande räknas som ny kunskap för elever som inte har bemästrat denna färdighet.
- Strävan efter automation i digitalt skrivande kan ta tid och kan gå olika fort för eleverna i samma klass. **Kontinuerlig övning och repetition** inom denna förmåga kan hjälpa eleven att nå den fortare.
- För dig som lärare kan det vara fördelaktigt att ha en **röd tråd i undervisningen** där ny information bygger på något som eleverna kan eller precis ha lärt sig. För mycket information kan göra det svårt för eleverna att förstå vad som är viktigt att lära sig. Exempel på det kan vara att man går igenom för mycket ny information inom hur digitalt skrivande fungerar på en gång.
- Det kan vara fördelaktigt för dig som lärare att **skapa en grund** som eleverna kan utvecklas ifrån. Här kan det vara mycket givande för eleverna att få se hur man använder olika kommandon i digitalt skrivande.
- Det kan komma att uppskattas av eleverna om du som lärare är tydlig med **dina förväntningar** på deras prestationer. Till exempel vad anser du som lärare som en tillräcklig redovisning av en lösning för de olika betygsstegen när eleverna löser problem digitalt.
- Du som lärare behöver också planera när du vill att eleverna ska använda **digital penna** om en sådan finns tillgänglig.

TRITA-ITM-EX
2020:581