WISEflow
Europe/Oslo(CEST)
15 May 2023

Høgskulen på Vestlandet

Matematikk 3, emne 4 - Masteroppgave

MGUMA550-O-2023-VÅR2-FLOWassign

Predefinert informasjon

Startdato:	02-05-2023 09:00 CEST	**Termin:**	2023 VÅR2
Sluttdato:	15-05-2023 14:00 CEST	**Vurderingsform:**	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Masteroppgave - Bergen		
Flowkode:	203 MGUMA550 1 O 2023 VÅR2		
Intern sensor:	(Anonymisert)		

Deltaker

Kandidatnr.:	211

Informasjon fra deltaker

Antall ord *:	34793

Egenerklæring *: Ja

Jeg bekrefter at jeg har registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *: Ja

Jeg godkjenner avtalen om publisering av masteroppgaven min *

Ja

Er masteroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Ja, LATACME

Er masteroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Nei

Høgskulen på Vestlandet

MASTEROPPGÅVE

Elevar sine matematikkfaglege samtalar i arbeid med eit digitalt læringsspel

Students' mathematical conversations while working with a digital educational game

Maria Gravdal

Master i Grunnskulelærarutdanning 5-10

Fakultet for lærarutdanning, kultur og idrett (FLKI)

Rettleiar: Rune Herheim

15. mai 2023

Samandrag

Skjerm og dataspel tek ein stadig større plass i barn og unge sin kvardag. Samfunnet blir digitalisert, noko ein også ser att i skulen ved at fleire elevar har digitale verktøy som del av sitt læringsmateriell. Samstundes ser ein at elevane sin motivasjon og opplevd nytteverdi av dagens matematikkundervisning går ned. Eit føreslege tiltak er å auke bruken av moderne og innovative verktøy i undervisninga. For å inkludere slike verkemiddel på ein hensiktsmessig måte, er det nødvendig at lærarar har tilstrekkeleg kunnskap om digitale verktøy og ressursar.

I tillegg til fagfornyinga si satsing på bruk av digitale verktøy i undervisinga, vektlegg dei også viktigheita av at elevar kommuniserer om matematikken. I lys av dette er føremålet med studien å kartleggje korleis bruk av læringsspelet Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar i undervisninga. Med grunnlag i dette er følgjande problemstilling undersøkt: *Korleis kan bruk av Numetry leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn?*

Problemstillinga blir undersøkt ved å ta i bruk det teoretiske rammeverket frå Sfard (2008) om kommognisjon, som nyttar dei fire diskursive kjenneteikna: *Ordbruk, narrativ, visuelle mediatorar* og *rutinar*. Rammeverket vektlegg at kommunikasjon også handlar om det kognitive, og at dette er to prosessar som ikkje kan skiljast. Studien har ei kvalitativ forskingstilnærming, der datainnhentinga er gjort ved hjelp av observasjon og intervju. Seks grupper, kvar med to elevar, er observert medan dei spelar Numetry, samstundes som dei jobbar med eit oppgåveark knytt til spelet. I tillegg har eg gjennomført intervju med elevane i etterkant av øktene, slik at dei har fått moglegheit til å uttrykkje eigne tankar og opplevingar.

Funna viser at Numetry har lagt til rette for ulik ordbruk mellom elevane, som kan bidra til å skape eit rikt og dynamisk matematisk språk. Funnet viser også at spelet har lagt til rette for ei gråsone mellom rituelle og utforskande rutinar, som potensielt kan vere gunstig for elevane sin matematikkfaglege samtale. Samstundes viser funna at spelet har nokre repeterande og lukka oppgåver som kan vere eit hinder for elevane sin matematikkfaglege samtale.

Litteraturgjennomgangen viser at det er relativt få studiar som har teke føre seg bruken av digitale spel i matematikkundervisinga. Denne studien er eit bidrag til dette. I tillegg har studien diskutert ubrukte mogelegheiter som ligg i spelet, som igjen kan nyttast til å auke Numetry sitt potensial for tilrettelegging av matematikkfaglege samtalar. Ved å belyse slike moglegheiter har det også vore ønskjeleg at desse kan bidra til bruk av læringsspelet i skulen.

Abstract

Digital screens and computer games are becoming an integral part of children and young people's daily lives. As society embraces digitalization, schools witness a rising number of students using digital tools for learning. Yet, there is a decline in both motivation and perceived relevance of the current mathematics education. Increased use of modern and innovative tools is meant as a countermeasure to this issue. To incorporate such tools in a suitable manner, it is necessary for teachers to have sufficient knowledge about digital tools and resources.

In addition to the curriculum reform's investment in the use of digital tools in the classroom, they also emphasize the importance of students communicating about mathematics. In line with this, the aim of the study is to explore how the use of the learning game Numetry can facilitate mathematical conversations in the instruction. Based on this, the following research question has been examined: *How can the use of Numetry facilitate mathematical conversations in the 7th grade?*

The problem is examined by using the theoretical framework from Sfard (2008) about commognition, which uses the four discursive characteristics: *Word use, narrative, visual mediators* and *routines*. The framework emphasizes that communication is also about the cognitive, and that these are two processes that cannot be separated. The study has a qualitative research approach, where the data collection is done by using observation and interviews. I observed six groups, each with two students, while they were playing Numetry and working with a related task sheet at the same time. Furthermore, I conducted interviews with the students giving them the opportunity to express their thoughts and experiences.

The findings indicate that Numetry has facilitated for different word usage among the students, which can contribute to the development of a rich and dynamic mathematical language. Additionally, the game has blurred the boundaries between ritual- and exploratory routines, which can be beneficial for the students' mathematical conversation. However, the game presents some repetitive and closed tasks that can impede students' mathematical conversations.

The literature review indicates a limited number of studies investigating the usage of digital games in mathematics instruction, highlighting this study´s valuable contribution to the field. Furthermore, this study has explored untapped potentials within Numetry, aiming to fulfill Numetry's potential for facilitating mathematical conversations. By highlighting these possibilities, the hope is to contribute to the use of this learning game.

Føreord

Denne masteroppgåva markerer ei avslutning på fem lærerike, spennande og kjekke studieår på lærarutdanninga, men også starten på eit nytt kapittel der eg trer inn i læraryrket. Det kjennes vemodig ut, samstundes som eg er gler meg til å ta i bruk det eg har lært i denne studien. Å skrive ei masteroppgåve har vore krevjande og tungt i enkelte periodar, samstundes som det har vore utruleg gjevande, lærerikt og spennande. Det har også gitt meg mogelegheiter til å fordjupe meg i eit tema som har bidrege til meistringskjensler og relevante erfaringar.

I denne prosessen er det fleire personar som har vore viktige bidragsytarar for at eg no kan levere ein studie som eg er stolt over, og som eg ønskjer å takke særskilt. Eg vil først takke rettleiaren min, Rune Herheim, som frå starten av har vist stor interesse og tru på dette forskingsprosjektet. Gode samtalar, konkrete innspel og ei grundig rettleiing har vore ei avgjerande og ein heilt sentral motivasjonsfaktor for arbeidet mitt med masteroppgåva. Eg vil også takke leiar av LATACME, Tamsin Meaney, som har sendt søknadar til NSD, samt lånt ut nødvendig utstyr i samband med datainnsamlinga.

Eg ønskjer også å takke elevane som gledeleg stilte opp i forskingsprosjektet, og praksislærar som har gitt meg tid, høve og støtte til å gjennomføre datainnsamlinga i praksisperioden. Utan dykk hadde det ikkje vore mogeleg å gjennomføre denne studien.

Eg vil også rette ein takk til studievenninnene mine som har stått i same situasjon. Det har vore godt og verdifullt å kunne dele både glede og frustrasjon med dykk gjennom faglege- og ikkje faglege samtalar.

Avslutningsvis vil eg takke sambuaren min Sondre, for å ha motivert meg undervegs og kome med gode innspel og råd. Også ein stor takk til resten av familien min som har vore gode støttespelarar og hatt tru på meg gjennom heile prosessen med utarbeiding av studien. Eg vil rette ein særleg takk til far min som har kome med konstruktive innspel, og hjelpt til med korrekturlesing av studien.

15. mai, 2023
Maria

Innhald

Figurliste

1.0 Introduksjon

Denne studien handlar om bruk av eit digitalt læremiddel i matematikkundervisinga. Fokuset vert retta mot korleis bruk av læringsspelet Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar hjå elevar på 7. trinn. I introduksjonskapittelet vert bakgrunn for val av tema, formål og problemstilling for studien gjort greie for, saman med ei kort oversikt over metodane som blir brukt for å belyse problemstillinga. Vidare presenterer eg nokre sentrale omgrep innan spelbasert undervising, samt presentasjon av læringsspelet Numetry som er undersøkt i denne studien. Avslutningsvis blir det gitt ei oversikt over struktur og innhald av dei påfølgjande kapitla.

1.1 Bakgrunn for val av tema

Delrapporten, *Barn og Medier 2020* (Medietilsynet, 2020) tek føre seg bruk av dataspel blant barn og unge. Resultatet viser at nær ni av ti norske barn og ungdomar i aldersgruppa 9–18 år spelar dataspel. Årsakene til at dataspel har vorte eit så populært medium er mange, og til dels også individuelle frå person til person. Oppleving av moro, verkelegheitsflukt, meistringskjensle, handlefridom og utforsking er punkt som går igjen i litteraturen (Becke-Hansen, 2022; Skaug et al., 2017). Sjølv spelte eg mykje Sims i barndomen. Her kunne ein skape si eiga virtuelle- men ganske så realistiske verd med alt frå husbygging og jobbsøking til stifting av familie. Eg kunne sitje klistra fast til dette spelet i timesvis, og det kjentest som at tida flaug. Med bakgrunn i slike opplevingar har eg forståing for kvifor dataspel fangar interessa til ein så stor del av norske barn og unge.

Samstundes påpeikar Skaug et al. (2017) at det ofte vert uttrykt bekymringar og skepsis til at barn blir oppslukte av dataspel, blant anna fordi dette kan gå utover skule og andre delar av livet deira. Dette vert underbygt av Becke-Hansen (2022) på vegne av Blå Kors og deira landsdekkande undersøking om barn og unge sine spelevanar. Den syner at 55 % av føresette er uroa for barna si dataspeling. Ei av årsakene som blir nemnt er at det tek for mykje tid, at barnet blir for lite sosialt og tap av kreativ sans. Kulturdepartementet (2019) understrekar derimot at auka bruk av dataspel som læringsressurs i skulen kan gje store moglegheiter. Blant anna kan dataspel gje elevane ei djupare forståing av eit fag og oppmuntre til nysgjerrigheit, kreativitet, samarbeid og læring. Dette kjem fram i Kulturdepartementet sin *Dataspillstrategi*

2020–2022.

Auka tilgjengelegheit til digitale løysingar har ført til at stadig fleire elevar har digitale verktøy som del av sitt læringsmateriell (Lekang & Olsen, 2019), der dataspel i aukande grad blir nytta som verktøy i undervisinga (Kulturdepartementet, 2019). Denne trenden kan sjåast i lys av fagfornyinga si satsing på teknologi og programmering. Dei seier at lærarar «skal bruke digitale verktøy,... og ressurser i arbeidet med å videreutvikle og forbedre læringen hos elevene» (Utdanningsdirektoratet, 2020a, s. 1). Målet er at elevane skal opparbeide digitale ferdigheiter, som er ein av fem grunnleggande ferdigheiter i læreplanen. Ei ferdigheit blir beskrive som «en viktig forutsetning for videre læring og for aktiv deltakelse i et arbeidsliv og et samfunn i stadig endring» (Utdanningsdirektoratet, 2017, s. 3). Dette viser at det er viktig både for elevane si utvikling og for samfunnet sine behov å nytte digitale verktøy i undervisinga.

Van Laar et al. (2017) påpeikar at digital kompetanse ofte blir sett på som ei ferdigheit som berre handlar om det digitale aspektet. Eit av funna deira viser derimot at digital kompetanse også handlar om samarbeid og kommunikasjon. Dette blir underbygt av Kunnskapsdepartementet (2017, s. 3) i eit rammeverk for grunnleggande ferdigheiter. Her blir det fremja at digitale ferdigheiter blant anna handlar om å «... kommunisere og samhandle med andre i digitale omgivelser». Kommunikasjon er også eit av kjerneelementa i matematikkfaget, og blir beskrive som ein prosess som handlar «om at elevene bruker matematisk språk i samtaler, argumentasjon og resonnementer» (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 3). I lys av at dette er løfta fram som eit kjerneelement i læreplanen, betyr det at eleven må kunne lære å kommunisere matematikk for å kunne meistre og bruke faget. Eit anna sentralt poeng kjem fram i ein artikkel av Utdanningsdirektoratet (2020b), der dei viktigaste endringane i matematikkfaget etter fagfornyinga er summert. Her vert det understreka at faget *skal* leggje til rette for at elevane kommuniserer *om* matematikken. Til saman viser dette at matematikkfaglege samtalar er viktig, og er noko som lærarar har ansvar for å leggje til rette for i matematikkundervisinga.

Til trass for fagfornyinga (Utdanningsdirektoratet, 2020a, 2020b) sitt fokus på digitale verktøy og matematikkfaglege samtalar i undervisinga, er det få masteroppgåver som har teke føre seg denne tematikken. Ei tilsvarande masteroppgåve skrive av Røgelstad (2021) har fokusert på elevar sin matematikkfaglege samtale med ein programmerbar robotball. Det er derimot få eller ingen oppgåver som har sett på bruk av digitale læringsspel opp mot elevar sin matematikkfaglege samtale. I tillegg til fagfornyinga sitt fokus på matematikkfaglege samtalar og bruk av digitale verktøy i undervisinga, underbyggjer dette eit behov for å studere dette ytterlegare.

1.2 Føremål med studien

Som kommande matematikklærar er ein stor del av oppgåva mi å engasjere, motivere og fange elevane si interesse for matematikkfaget. Dette er ikkje alltid så enkelt, særleg i lys av ei norsk undersøking (Nilsen et al., 2022) som viser at elevane si sjølvoppfatning og syn på nytteverdi i matematikkfaget har gått ned i perioden 2015–2019. I følgje Elevundersøkinga har også elevane generelt mindre motivasjon enn tidlegare (Wendelborg et al., 2020). For å overvinne slike utfordringar og arbeide for elevane si læring og utvikling, er det i følgje Fokides (2018) behov for å implementere innovative undervisingsmetodar og bruke moderne verktøy og ressursar.

På bakgrunn av at digitale verktøy har vorte ein sentral del av læreplanen, og der lærarar er pålagde å bruke digitale verktøy og ressursar for å utvikle og forbetre elevane si læring (Utdanningsdirektoratet, 2020a), er det nødvendig at matematikklærarar har tilstrekkeleg kunnskap om digitale verktøy og ressursar. Eit digitalt verktøy som særleg har blitt populære dei siste tiåra er dataspel (Tokac et al., 2019). Å ta i bruk dataspel i undervisinga inneber for mange elevar at ein inkluderer ei av deira fritidsinteresser i matematikkfaget på skulen. Dette kan sjåast i lys av Helle (2019), som seier at bruk av læringsarenaer som elevane kjenner seg att i kan auke relevansen til lærestoffet, og på den måten gjere innhaldet meiningsfylt. Han seier vidare at det som blir oppfatta som meiningsfylt, i seg sjølv vil vere motiverande. Ein slik tankegang kan ein sjå att i det matematiske dataspelet Numetry sin visjon om at det skal vere like morosamt å lære matematikk som å spele eit kva som helst dataspel. Målet deira er altså å la elevane spele seg gode i matematikk. Dette målet fascinerte meg, og eg blei nysgjerrig på å finne ut om dette spelet har potensial til å engasjere og motivere elevane for å skape matematikkfaglege samtalar.

Ved å sjå tilbake eit tiår og til min eigen skulegang hadde vi lite digitale verktøy tilgjengeleg, særleg i matematikkfaget. Der var det skrivebok og matematikklærebok som gjaldt. I dag er situasjonen annleis. I eit stadig meir utvikla, teknologisk samfunn er det ei rekke matematiske applikasjonar og spel på marknaden, og stadig kjem nye til. Samstundes har det vorte vanleg å nytte desse applikasjonane i dagens undervising (Hwa, 2018). Sidan bruk av dataspel i undervisninga likevel er eit nokså nytt fenomen, er det få studiar som har teke føre seg bruken av digitale spel i matematikkundervisinga (Boyle et al., 2016; Ke, 2014). Det blir dermed etterlyst ytterlegare forsking på området. Målet er at denne studien kan vere eit bidrag til dette.

1.3 Dataspel i skulen – nokre sentrale omgrep

Når vi snakkar om dataspel i skulen, deler vi desse primært inn i to kategoriar; *kommersielle spel* og *læringsspel*. Dataspel som FIFA, Fortnite, Roblox og Minecraft er nokre av dei mest populære dataspela blant barn og unge (Medietilsynet, 2020). Desse er primært laga for å underhalde, og er difor døme på kommersielle spel. I motsetning til dette blir spel som er utvikla og designa for utdanningsformål eller for opplæring i spesifikke tema eller fagstoff kalla for læringsspel på norsk (Skaug et al., 2017). Innanfor matematikken er DragonBox, Albert og Numetry døme på spel som har pedagogiske føremål, og som gjerne legg meir vekt på læring enn på underhaldning. I internasjonal litteratur går desse gjerne innanfor namn som *serious games, game-based learning* og *educational games* (Fokides, 2018; Plass et al., 2015; Tokac et al., 2019). Trass ulike omgrep i litteraturen er fellesnemnaren spel som er designa for utdanningsføremål.

1.4 Problemstilling

Hittil i kapittelet er det gjort greie for bakgrunn og føremål med studien, samt nokre avklaringar om omgrep på dataspel i skulen. På bakgrunn av dette er følgande problemstilling utarbeida:

Korleis kan bruk av Numetry leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn?

I denne studien har eg altså undersøkt korleis bruk av det digitale læremiddelet Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar hjå elevar på 7. trinn. For å undersøke dette spørsmålet har det også vore sentralt å få vite kva *potensial* som ligg i bruk av Numetry for å leggje til rette for slike samtalar. Med andre ord har eg i tillegg til å sjå på korleis bruken av Numetry la til rette for dette i datamaterialet mitt, også påpeika kva moglegheiter eller ressursar som ligg i dette digitale læremiddelet for å kunne leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Eit slikt potensial kan til dømes liggje i spesifikke funksjonar eller oppgåver i spelet. For å bli i stand til å seie noko om dette potensialet har eg undersøkt kva som faktisk blei sagt, eller korleis elevane deltok i samtalane om oppgåver i Numetry.

For å få innsikt i datamaterialet og problemstillinga mi har eg nytta Sfard (2007) sin teori om kommognisjon som analytisk rammeverk. Gjennom denne teorien argumenterer ho for at tenking og kommunikasjon er to prosessar som ikkje kan skiljast. Ved å studere elevane sin kommunikasjon seg i mellom med utgangspunkt i fire diskursive kjenneteikn, kan ein dermed seie noko om samtalane elevane i mellom i arbeid med Numetry, og følgeleg deira matematiske tenking. Enkelte stadar har det også vore nærliggjande å knyte dette til elevane si læring, men hovudsakeleg var fokuset i studien å leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Når det kjem til mi forståing av slike samtalar, vil eg vidare støtte meg på Sfard (2007) sin definisjon av narrativ i kommognisjonsteorien. Dette blir beskrive som munnlege eller skriftlege ytringar, som gjerne beskriv objekta, relasjonane mellom dei eller prosessar knytt til dei. Dette kan blant anna innebere elevar sin argumentasjon, resonnement og samtalar knytt til elevane si oppgåveløysing. Vidare inneber det samtalar om korleis ei oppgåve skal løysast eller vurderingar om svaret dei har kome fram til er rett eller ei. Med andre ord forstår eg matematikkfaglege samtalar i denne studien som samtalar som har fokus på det matematikkfaglege.

For å belyse studien si problemstilling har eg nytta ei kvalitativ forskingstilnærming med to datainnsamlingsmetodar. Ved bruk av videokamera, mikrofon og skjermopptak har eg observert tolv elevar som arbeider saman i par medan dei spelar Numetry i to undervisingsøkter. Etter speleøktene har eg gjennomført eit gruppeintervju med deltakarane. Intervjua vart gjorde for å gje meg som forskar supplerande informasjon, der målet var at metodane saman kan gje data som kan analyserast for å belyse problemstillinga mi.

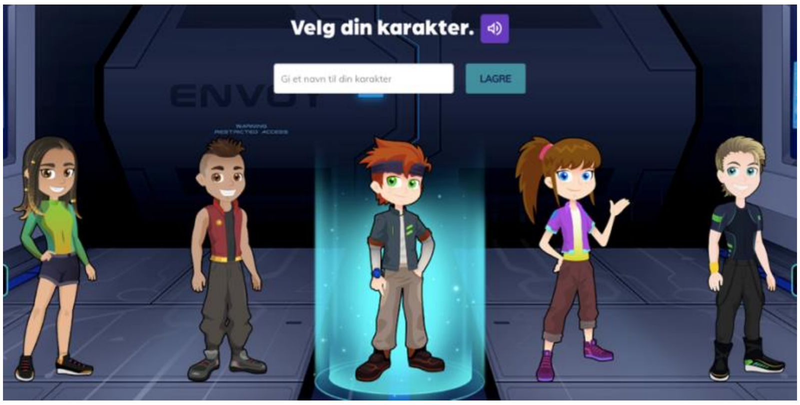
1.5 Studien sine avgrensingar

Ved å undersøkje korleis bruk av matematikkspelet Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar, har det vore nødvendig å gjere nokre avgrensingar som elles kunne vore relevante å studere ut i frå temaet som er valt. For det første er det ulike tilnærmingar til integrering av dataspel i undervisinga. Det er mest vanleg å nytte pedagogiske spel, også kalla læringsspel i undervisinga (Van Eck, 2006). Ein metaanalyse utført av Qian og Clark (2016a) har indikert at 50 % av studiane som dei har undersøkt, tek føre seg slike spel. På den andre sida betyr det at 50% av dei resterande studiane nyttar spel som ikkje har det pedagogiske som hovudformål. Eg har valt å ekskludere desse studiane i litteraturgjennomgangen, sjølv om kommersielle spel er eit stor element innanfor spelbasert forsking. Med referanse til at Numetry kan kategoriserast som læringsspel, har eg i staden fokusert på litteratur der det er studert eller gjort greie for læringsspel i undervisinga. Det har vidare vore naturleg å nytte studiar som forskar på matematikkundervising. Ved definisjonsspørsmål eller utgreiingar som tek føre seg læringsspel i skulen frå eit generelt perspektiv, har litteratur som i tillegg tek føre seg andre fag likevel vorte nytta. Når det kjem til den metodemessige delen av studien, har eg også gjort nokre avgrensingar som eg vil gjere nærare greie for i kapittel 1.6 og 4.2.1.

1.6 Matematikkspelet Numetry

Matematikkspelet Numetry er eit digitalt læringsspel innan matematikk som er utvikla av selskapet Eduplaytion AS. Spelet vart lansert hausten 2022, og er utvikla av fleire spelutviklarar, grafiske designarar og matematikkpedagogar, blant anna «kjendislærar» Håvard Tjora. Matematikkspelet Numetry er forankra i fagfornyinga og i læringsmåla for 4-7 trinn og forma med grunnlag i prinsipp om å likne på kommersielle dataspel. Målet deira er å lære barn mellom 8-12 år at matematikk kan vere både nyttig og moro, med fokus på korleis matematikk kan brukast i praksis (Numetry, u.å.) I følgje utviklarane av Numetry byr matematikkspelet på spennande karakterar, ei god historie og høg produksjonsverdi, slik som dei kjenner att frå dataspel dei spelar på fritida. Derimot er den største forskjellen frå vanlege dataspel at Numetry handlar om læring og forståing i matematikk.

Spelet Numetry startar med at barnet vel sin eigen karakter ut i frå eit utval med ferdige karakterar, med ulike kjønn og utsjånadar. Når dette er gjort begynner eventyret i Numetry.



Figur 1. Skjermdump frå Numetry.

Spelaren og karakteren ein har valt reiser saman med resten av mannskapet i romskipet Magellan. Målet er å redde ei gruppe astronautar som har forsvunne i det fjerne solsystemet

Matema. For å finne astronautane må elevane løyse ulike, matematiske mysterium og oppdrag, heretter kalla delspel. Elevane kan spele seg gjennom matematikkoppdraga i eigendefinert rekkefølgje, og kan navigere seg mellom ulike planetar og romskip. Kvar av dei tar for seg dei mest grunnleggande temaa i matematikk, og skil seg gjerne frå kvarandre med eit ulikt matematisk fokus. I denne studien avgrensa eg kva oppgåver elevane kunne velje mellom i forskingsprosjektet. I staden fekk elevane utdelt eit utval med oppgåver som eg hadde valt ut på førehand, som dei kunne velje mellom. Eg vil utdjupe dette nærare i kapittel 4.2.1.

Figur 2. Skjermdump frå Numetry.

Skjermdumpen over viser dei ulike planetane, romskipet og Asteoridebeltet som elevane kan navigere seg i når spelet ikkje er avgrensa.

1.7 Ein del av eit forskingsprosjekt

Denne oppgåva er ein del av forskingsprosjektet LATACME (Learning about teaching argumentation for critical mathematics education in multilingual classrooms) og undergruppa *Digitale læremidler og modellering*. Som namnet tilseier har denne forskingsgruppa særleg fokus på korleis digitale læremiddel og modellering kan bidra til at elevar lærer matematikk, og utviklar positive haldningar til faget (Høgskulen på Vestlandet, 2020).

1.8 Studien sin struktur og oppbygging

Til no har eg presentert studien sin bakgrunn, føremål og problemstilling. Det er gitt ei kort oversikt over sentrale omgrep i spelbasert læring, og deretter beskrive kva avgrensingar som er gjort i studien. Eg har også presentert Numetry sitt innhald i korte trekk, samt utviklarane som står bak spelet. Avslutningsvis er forskingsprosjektet som denne studien er ein del av beskriven.

I kapittel 2 blir det teoretiske rammeverket kommognisjon, utvikla av Anna Sfard (2008), presentert med utgangspunkt i dei fire diskursive kjenneteikna: Ordbruk, narrativ, visuelle mediatorar og rutinar. Dette rammeverket er brukt for å analysere elevane sin diskurs medan dei spelar Numetry. Følgeleg har det gitt meg høve til å seie noko om elevane sine handlingar og tankar kring det digitale læremiddelet. Avslutningsvis kjem eg med nokre refleksjonar kring bruk av kommognisjon som analytisk rammeverk.

I kapittel 3 er fokuset retta mot tidlegare forsking som tek føre seg bruk av digitale verktøy i skulen, der forsking kring læringsspel blir særleg vektlagt. Her blir det gjort greie for læringsspel sine design og deira påverknad på matematikklæring, samt tidlegare forsking på elevsamarbeid kring læringsspel. Avslutningsvis blir Hana (2014) og hans beskriving av metoden med gjentekne tilnærmingar presentert.

I kapittel 4 blir arbeid som er gjort i forkant av datainnsamlinga gjort greie for. Vidare blir utval og kontekst som ligg til grunn for studien beskriven, samt utstyr som er brukt for å dokumentere datainnsamlinga. Deretter gjer eg ytterlegare greie for bruk av observasjon og intervju, som er forskingsmetodane som er nytta i denne studien. Vidare beskriv eg analysearbeidet som er gjennomført. Til slutt har eg reflektert kring studien sin forskingskvalitet, samt beskrive etiske omsyn som eg har teke føre meg i studien.

I kapittel 5 er fleire situasjonar frå datainnsamlinga analysert opp mot Sfard (2008) sitt teoretiske rammeverk om kommognisjon. For å belyse problemstillinga mi var eg avhengig av at elevane kommuniserte og nytta tid på oppgåvene. Særleg i arbeidet med to av delspela kommuniserte eit av elevpara aktivt. Dette kapittelet vil difor ta føre seg desse spela nærare, samstundes som to andre delspel også er inkludert for å belyse nokre sentrale poeng. Med omsyn til at eigenskapane og innhaldet i Numetry sine delspel er ulike, har eg strukturert kapittelet slik at desse blir analysert kvar for seg.

I kapittel 6 har eg diskutert korleis dei mest sentrale funna som kjem fram av analysen svarar på problemstillinga mi. Eg drøftar også korleis funna mine står seg mot tidlegare forsking, samstundes som eg kommenterer dei ut i frå det teoretiske rammeverket. Til slutt ser eg på Numetry med eit heilskapleg blikk. Her ser eg på mogelegheiter knytt til funksjonar og design i spelet, samt moglegheiter knytt til undervisningsopplegget som kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar.

I kapittel 7 kjem ein oppsummerande refleksjon av studien, der moglege implikasjonar av studien diskutert. Vidare ser eg på studien med eit kritisk blikk og kjem med forslag til vidare forsking. Avslutningsvis har eg i ein konklusjon samanfatta studien sine hovudfunn.

2.0 Teori

Hovudfokuset i dette kapittelet er retta mot Anna Sfard (2008) sin teori om kommognisjon, som utgjer studien sitt analytiske rammeverk. I denne teorien blir det brukt mykje framande ord og eit komplekst språk som har vore tidkrevjande å setje seg inn i. Med andre ord har det vore utfordrande å få skikkeleg tak på teorien. Difor har det vore nyttig å lese fleire av Sfard (2006, 2007, 2008) sine tekstar for å få ei god og heilskapleg forståing av kommognisjon som teoretisk rammeverk. I artikkelen frå 2006 beskriv Sfard eit deltakarperspektiv, som teorien hennar byggjer på. I artikkelen frå 2007 gir ho utdjupande forklaringar for bakgrunn og innhald i teorien, og den har difor vore relevant å ta utgangspunkt i ved presentasjon av rammeverket. Sfard (2008) har også skrive boka, *Thinking as Communicating*, som går ytterlegare i detaljnivå om kommognisjonsteorien. Med grunnlag i at artikkelen frå 2007 beskriv rammeverket på ein god og forståeleg måte, har eg i stor grad teke utgangspunkt i denne. Samstundes beskriv Sfard ytterlegare om rutinar i boka, som er ein av dei fire diskursive kjenneteikna som ho tek føre seg i kommognisjonsteorien. Dette kjem mindre tydeleg fram i artikkelen frå 2007. Teori om rutinar er også gjort ytterlegare greie for i artikkelen frå Lavie et al. (2019). Boka og ytterlegare artiklar som er skrivne av og med Sfard har difor alle blitt brukt om tema og omgrep eg meiner dei er gode og klare på.

2.1 Kommognisjon

I følgje Sfard (2007) vil ein i tradisjonelle utdanningsstudiar tolke læring som tileigning av til dømes idear eller omgrep. Slike forskingstilnærmingar ser Sfard på som for enkle og ufullførte når ho argumenterer for at desse følgeleg vil tvinge forskarar som jobbar innanfor denne ramma til å gå glipp av detaljar i den menneskelege interaksjonen. Viss forskarane i det heile teke legg merke til desse særprega, blir dei raskt avviste som støy. Vidare meiner ho at det er uunngåeleg at dette vil føre til over-generaliseringar og grunnlause utsegn, og følgeleg blir studiane sin verdi innanfor forskingsfeltet redusert. Litteratur som nyttar ei slik tilnærming for læring kallar ho «tileigningsteoriar» (eng: acquistionist perspectives), og har vore med på å gje opphav for Sfard sin teori som ho kallar «deltakarteori» (eng: participationist perspectives). Gjennom denne teorien argumenterer ho for at menneskeleg tenking kan reknast som ein individualisert kommunikasjon, og kan vidare sjåast på som ei form for kommunikasjon med seg sjølv. Med andre ord fremjar det kommognitive rammeverket at kommunikasjon også handlar om kognitive prosessar. Sfard (2007) ser faktisk på desse som to prosessar som ikkje kan skiljast, og som følgje av dette har ho kombinert omgrepa «kognitiv» og «kommunikasjon» til det samansette omgrepet *kommognisjon*.

I kommognisjonsteorien er det fokus på elevar sine kollektive læringsprosessar ut frå eit deltakarperspektiv. På denne måten kan den sjåast i samanheng med sosiokulturelle teoriar. Der vert det vektlagt at læring skjer i samhandling med andre, før ein kan meistre det på eiga hand (Sfard, 2006, 2007). Det betyr at prosessen med til dømes å kunne lære å snakke eller å løyse ei matematisk oppgåve, handlar om ein gradvis overgang frå å kunne ta del i kollektivet som gjennomfører ei oppgåve, til å bli i stand til å gjennomføre oppgåva på eiga hand. Til slutt vil ein person utføre oppgåvene på sin unike måte.

Hovudtanken i kommognitiv forsking er å undersøkje diskursive mønster i kommunikasjonen mellom deltakarar, som vidare kan fortelje noko om kva reglar som ligg til grunn for deira utsegn og handlingar. Ved å delta i ein diskurs vil ein bli ein del av eit fellesskap der ein har sine eigne reglar og måtar å kommunisere på (Sfard, 2006). Med andre ord dreiar ein diskurs seg om uskrivne reglar i kommunikasjonen som styrer korleis ein vel å handle og kommunisere. Det legg altså føringar for kva som er anerkjent å seie og gjere i ulike kontekstar, og desse kan variere mykje alt etter kva diskurs ein er i. Til dømes på skulen, på restaurant eller i bursdagsselskap. Sfard (2007) samanliknar diskursar med eit slags spel som krev ulike verktøy og spelereglar, og slik kan enkeltpersonar vere i stand til å delta i visse typar kommunikasjonsaktivitetar, men samstundes vere ute av stand til å ta del i andre. På same måte vil det innanfor matematikkvitskapen også vere diskursive reglar og mønster i kommunikasjonen mellom deltakarar. Med tanke på at Sfard (2007) argumenterer for at tenking og kommunikasjon er to prosessar som heng i hop, og at det å lære matematikk er det same som å modifisere og utvide diskursen sin – kan undersøking av slike reglar og mønster i diskursen gje innsikt i korleis elevane lærer i faget. Sagt med andre ord kan kommognisjon som teoretisk rammeverk gjere forskarar i stand til å seie noko om elevane si matematiske tenking basert på kva elevane seier og gjer (Herheim, 2023; Sfard & Kieran, 2001).

Sfard (2006) poengterer likevel at det ikkje er tilfelle at ein kvar matematisk samtale er ei moglegheit for læring. Det må skje ein diskursiv endring. For at dette skal finne stad, må det vere ein viss mangel på samsvar – ei kommunikasjonskonflinkt mellom samtalepartnarane. Forskjellen kan til dømes vise seg som ein ulikskap i samtalepartnarane sine bruk av ord, måten dei ser på visuelle mediatorar eller korleis dei ser samanhengen mellom prosedyrar. Dette gir grunnlag for det Sfard (2007) har valt å kategorisere inn i fire kjenneteikn hjå matematiske diskursar: *Ordbruk, narrativ, visuelle mediatorar* og *rutiner.* Desse trekka er med på å avgjere om diskursen kan reknast som matematisk eller ikkje, og blir gjort greie for i neste avsnitt.

2.2 Kjenneteikn ved matematiske diskursar

I følgje Sfard (2007, 2008) er *ordbruk* eit særtrekk i diskursar. I matematikk er ord som blir brukt hovudsakeleg ord som gir uttrykk for mengder og former. Når ein elev blir ein del av skulen sin matematiske diskurs, lærer eleven nye bruksområde for ord som dei tidlegare har høyrt om, til dømes trekant eller firkant. I enkelte tilfelle må ein også lære termer som han eller ho aldri har brukt før, og som er unike for matematikken. Ved arbeid med Numetry har eg ut frå datamaterialet mitt sett at ulike ord kan bli brukt. I analysedelen har eg til dømes peika på at ordet «rest» er eit mykje brukt ord frå ein av elevane, medan «manglar» blir mykje brukt av ein annan. Med andre ord er det mange omgrep i matematiske diskursar som symboliserer abstrakte idear i faget. Korleis elevane snakkar om omgrepet og korleis dette blir brukt, er avhengig av elevane si forståing av omgrepet, altså kva innhald dei tillegg omgrepet.

Visuelle mediatorer handlar i følgje Sfard (2007) om kva for representasjonsformer som blir nytta i kommunikasjonen. I matematiske diskursar er formlar, grafar, teikningar og diagram typiske døme på visuelle mediatorar. Innanfor kommognisjonsteorien blir ikkje desse mediatorane berre sett på som hjelpemiddel for å formidle eller gje uttrykk for allereie eksisterande tankar. Dei blir også sett på som ein del av kommunikasjonshandlinga og dermed også tankeprosessane. I matematikkspelet Numetry kjem gjerne desse fram i form av digitale funksjonar som representerer ulike matematiske tema og omgrep som elevane kan dra og flytte på. Sfard (2008) argumenterer for at særleg konkrete og biletlege mediatorar kan gjere det enklare for elevane å resonnere i forhold til matematiske symbol.

Narrativ handlar i følgje Sfard (2007) om ei rekke ytringar, både munnleg eller skriftleg, som gjerne beskriv objekta, relasjonane mellom dei eller prosessar knytt til dei. Dette kan blant anna innebere elevane sin argumentasjon, resonnement og samtalar knytt til oppgåveløysing eller vurderingar om kor vidt svaret dei har kome fram til er rett eller ei. Med andre ord vil elevane sine matematiske ytringar og meiningar bli rekna som eit narrativ i denne studien. Sfard (2007) seier vidare at narrativa kan vurderast som sanne (eng: endorsement) eller usanne (eng: rejection), altså godkjennast eller avvisast. Kriteria for å godkjenne narrativ kan variere frå diskurs til diskurs. I lys av at elevar i skulen og matematikarar gjerne nyttar ulike diskursar, tolkar eg det som at eit narrativ kan bli godkjent av ein elev på eit anna grunnlag enn kva ein matematikar ville brukt.

Sjølv om Sfard (2008) meiner at narrativ i matematikken berre bør vurderast som godkjent med omsyn til deduktive relasjonar mellom narrativ, nemner ho at maktforholdet mellom deltakarane dessverre ofte kan spele ei rolle. Sfard (2007) nemner vidare at matematiske narrativ hovudsakeleg kan bli utspelt på to måtar. På objektnivå vil narrativ beskrive matematiske objekt, og kan ta form som definisjonar, påstandar eller teorem. Det kan til dømes vere at summen av vinklane i ein trekant er 180 grader eller at $a^2 + b^2 = c^2$. Narrativ på metanivå tek føre seg samtalar om sjølve diskursen. Det inneberer blant anna utsegn eller forteljingar frå elevane om korleis ei oppgåve skal løysast eller innhald i eit matematisk omgrep, til dømes at ein må gjennomføre multiplikasjon og divisjon før addisjon og subtraksjon i ein matematisk operasjon. Med andre ord handlar narrativ alltid om matematiske objekt, og slik vil samtalane alltid fokusere på matematikkfaget.

Det siste kjenneteiknet som Sfard (2007) beskriv ved matematiske diskursar kallar ho for *rutinar*. Dette omhandlar repeterande mønster i handlingane til samtalepartnarane som er karakteristisk for ein gitt diskurs. Med andre ord er rutinar omfattande og vil delvis overlappe dei tre kjenneteikn som tidlegare er presentert (ordbruk, visuelle mediatorar og narrativ). I matematikken kan rutinar undersøkast på fleire måtar. Til dømes kan ein sjå på bruken av matematiske ord eller undersøke korleis elevane formulere og underbyggje narrativ om tal eller geometriske former. Slike repeterande mønster kan sjåast i nesten alle aspekta av matematiske diskursar. Sfard (2008) meiner vidare at rutinar både er avgrensande og uunnverlege. Sjølv om for mykje rutinar kan verke lammande, argumenterer ho for at rutinar er nødvendige for kreativiteten. Dette kan kanskje vere med på å forklare kvifor Sfard har gitt mykje plass i litteraturen sin til å skrive om rutinar i diskursar. Følgeleg har eg vurdert det som nødvendig å utdjupe dette meir, og neste delkapittel vil ta føre seg dette.

2.3 Metareglar og rutinar i diskursen

Sfard (2007, s. 208) definerer rutinar i diskursen som «a set of metarules that describe a repetitive discursive action». Ut frå dette gir altså *metareglar* retningslinjer for elevane sine rutinar som kjem til uttrykk gjennom deira repeterande mønster i matematikkaktivitetane. Med andre ord påverkar desse reglane ubevisst deltakarane sine utsegn og handlingar i matematikken, Slik blir dei rekna som implisitte fordi deltakarane ofte ikkje er klar over reglane. Det er sentralt å påpeike at metareglar er eit omgrep som beskriv noko deltakarane har gjennomført, og ikkje noko som dei ønskjer å gjennomføre. Dette kan sjåast i samanheng med Sfard (2008) sitt poeng om at tidlegare handlingar er det beste grunnlaget for å kunne føreseie nokon sine framtidige handlingar. Metareglar kan altså kartleggje ein deltakar sin diskursive utvikling. I Numetry kan metareglar reknast som spelet sine spelereglar. Det kan for eksempel vere korleis ein skal organisere og presentere løysingane sine. Det betyr likevel ikkje at metareglane bestemmer korleis elevane skal gjere sine trekk i spelet, og det er heller ikkje i alle tilfelle at elevane må følge metareglane. Det er likevel forventa at dei vil gjenta desse handlingane, og dermed definerer Sfard ei rutine som ei gjentakande handling.

Metareglane som dannar rutinar delar Sfard (2008) inn i to undergrupper, *korleis* (eng: the how), og *når* (eng: when). Korleis-rutinar blir beskrivne som eit sett av metareglar som bestemmer eller avgrensar kva handlingar som blir sette i gang, medan når-rutinar er ei samling av metareglar som bestemmer eller avgrensar i kva kontekstar handlingane skal utførast. Sfard (2008) delar metareglane vidare inn i tre underkategoriar, der to av dei høyrer til når- og ein av dei til korleis:

1. *Bruksvilkår* (eng: applicability conditions) er reglar som bestemmer eller avgrensar konteksten/rammene ein deltakar truleg vil utføre rutinen i.
2. *Prosedyre* (eng: routine procedure) er eit sett av metareglar som bestemmer eller avgrensar korleis rutinen kan gjennomførast.
3. *Avslutningsvilkår* (eng: routine closing conditions) er metareglar som definerer konteksten/rammene som deltakaren truleg vil tolke og oppleve som ei avslutning av rutinen. Med andre ord er det nokre rammer som er med og lagar eller set vilkår for korleis, når eller om noko skal fullførast/avsluttast.

Rutinane sin «når» inneheld bruks- og avslutningsvilkår. Til dømes ved løysing av ei likning tolkar eg ut frå Sfard (2008) sin teori at bruksvilkåra vil bli sett i gang ved å sjå på kva kontekst og føresetnadar som er gitt i oppgåva. Det handlar altså om nokre vilkår som må vere på plass for at ein matematisk metode eller omgrep skal vere relevant og kan nyttast i situasjonen. Det kan til dømes vere nyttig å bruke abc-formelen i utrekning av ei andregradslikning. I situasjonar der ein skal rekne ut omkrinsen av eit kvadrat er det derimot ikkje relevant å nytte denne formelen. Dette kan forklarast med at vilkåra til abc-formelen gjerne vil vere at oppgåva inneheld andregradslikningar, og slik vil ikkje bruksvilkåra til metoden i denne situasjonen vere oppfylt. Eg tolkar det altså som at det eksisterer nokre bruksvilkår for matematiske metodar, teoriar og omgrep for *når* desse kan nyttast i ei rutine, samstundes som det vil eksistere nokre bruksvilkår i sjølve oppgåva som også legg føringar for *når* ein kan nytte desse. Desse vilkåra kan avhenge av forskjellege faktorar. Blant anna kan tilgjengelegheita av passande verktøy, relevant informasjon og matematiske- og fysiske forhold spele ei rolle. I denne studien blir bruksvilkåra studert ut i frå det verktøyet som elevane har tilgjengeleg, altså matematikkspelet Numetry, samt utdelt oppgåveark, penn og papir. Det er derimot interessant å sjå på elevane sine bruksvilkår ut i frå kva informasjon elevane får i spelet og matematiske forhold som spelet legg til rette for.

Vidare kan ein utføre rutinane sin «korleis», som handlar om prosedyren i rutinen. Ved avslutningsvilkåra har eleven tolka og opplevd at oppgåva er ferdig løyst. Dette kan derimot opplevast på ulikt vis, då Sfard (2008) poengterer at nokre deltakarar og matematikarar kan assosiere den same prosedyren med forskjellege bruks- og avslutningsvilkår. Nokre elevar kan til dømes oppfatte at «$x =$ tal» er eit type stoppsignal på at likninga er ferdig løyst og at oppgåva er avslutta. Eksempelvis vil desse elevane ved løysing av likninga $-2x^2 = -18$, gjerne vere tilfredse med svaret $x = 3$. Andre elevar kan ha ei anna form for avslutningsvilkår, der dei reknar ei likningsoppgåve som fullført viss dei er heilt sikre på at dei har funne alle løysningar som likninga kan ha. I dette dømet vil dei dermed ikkje vere fornøgd før dei også får svaret $x = -3$.

2.3.1 Tre typar for rutinar

Sfard (2008) deler rutinar inn i tre typar: Utforsking (eng: explorations), gjerningar (eng: deeds) og ritualer (eng: rituals). *Utforsking*, som er den typen rutinar Sfard nemner som mest ønskjeleg i matematikkdiskursane, er rutinar der målet med aktiviteten er å formulere narrativ som kan bli godkjente eller rutinar som godkjenner narrativ. Med andre ord kan ei rutine reknast som utforskande når elevane har eit godkjent narrativ som er formulert eller underbygt og elevane vidare ser på aktiviteten som fullført. Sfard (2008) sin bruk av omgrepet «godkjent» (eng: endorsable) signaliserer at eit narrativ kan bli godkjent eller avvist etter veldefinerte reglar i den gitte matematikkdiskursen[1]. Rutinar som numeriske kalkulasjonar eller likningsløysing trekkjer

[1] I ein fotnote skriv Sfard (2008, s. 224) at ikkje alle veldefinerte reglar i matematikken er godkjente (eng:

Sfard fram som representative døme for matematiske utforskingar, og kan bidra til å utvikle elevane sine matematiske resonnement og argumentasjonsmåte. Vidare delar ho utforsking innanfor rutinar inn i tre typar:

- *Konstruksjon* (eng: construction) er ein diskursiv prosess som resulterer i nye godkjente narrativ
- *Underbygging* (eng: substantion) handlar om å avgjere om eit narrativ skal godkjennast[2]
- G*jenkalling* (eng: recall) handlar om prosessen med å hugse og kjenne att eit narrativ som er vorte godkjent tidlegare

Det siste punktet, gjenkalling, krev ei ytterlegare forklaring. Dette må først sjåast i lys av at ein del av utforskande rutinar byggjer på tidlegare godkjente narrativ. Å hugse ei viss mengde av desse narrativa, som til dømes enkle utrekningar med to tal, er i følgje Sfard (2008) difor viktig for diskursiv flyt. Nokre godkjente narrativ blir tilgjengeleg for elevane med ein gong, medan andre treng å bli rekonstruert, eller *gjenkalla.* Slik eg tolkar dette, kan eit døme på gjenkalling av eit narrativ innebere ei historie, beskriving eller ei resonnering som til dømes handlar om korleis ein har jobba med å løyse likningar tidlegare. Ein elev som med ein gong veit korleis ein løyser ei gitt likning, altså at dei tidlegare godkjente narrativa kring desse blir tilgjengeleg med ein gong, vil dermed ikkje vere eit døme på gjenkalling. I staden kan det vere eit døme på konstruksjon av eit narrativ, fordi det resulterer i eit nytt godkjent narrativ.

Den andre «rutine-typen» kallar Sfard (2008) for *gjerningar*, og omhandlar ei rutine der ein endrar fysiske eller matematiske objekt. Ho trekkjer fram eit døme der ein elev i samtale med ein intervjuar nyttar pengar som konkretar for å gjere berekningar. For eleven er ikkje målet med aktiviteten å formulere eit narrativ, men heller å gjere ei handling slik at det blir ei endring av konkreta, altså pengane i dette dømet. På same måte kan eit døme på gjerningar i Numetry vere viss elevane sitt fokus eller mål ligg på å gjere noko i spelet som fører til at boksar kan plasserast i tomme ruter slik at spelet kan gå vidare til neste nivå. Med andre ord er det målet med aktiviteten, som er flytting og berøring av konkretar, som gjer at rutinen er ei gjerning og ikkje ei utforsking, der målet i staden er å formulere eit narrativ.

---

endorsable). I desse tilfelle nyttar ikkje ho «narrativer» om desse.

[2] I følgje Sfard (2008, s. 232) kan omgrepet «godkjenning» (eng: endorsement) tolkast forskjelleg hjå ulike menneskjer. Frå ein matematikar sin ståstad, tyder det at narrativet har blitt ein del av ein teori. For dei som nyttar matematiske narrativ i kvardagen, tyder det at narrativet reflektera den verkelege tilstanden til objektet. Ein må difor vere merksam på at forskingsdeltakarane i denne studien er sjuande klassingar som nyttar ein matematisk skule-diskurs, ikkje same diskursar som matematikarar.

Den tredje forma for rutine har Sfard (2008) namngitt for ei *rituell* rutine. Til forskjell frå utforsking og gjerningar er det ikkje eit mål om å lage godkjente narrativ eller å endre objekta. I staden er hovudmålet til rituelle rutinar å skape og oppretthalde eit relasjonsband med andre menneske. Sfard (2008) drøftar fleire konsekvensar som følgje av den sosiale målsettinga ved rituelle rutinar. På grunn av at det relasjonelle bandet blir danna ved å handle saman med andre i harmoni, vil eleven for det første gjere det som læraren eller medeleven forventar at dei skal gjere. I kontrast til dette vil deltakarane gjennom utforsking og gjerningar, der dei vil ha som mål å lage narrativ eller endre konkretar, ha ei større openheit kring metodar for korleis ein kjem fram til dette. På denne måten meiner ho at rituelle rutinar er meir restriktive fordi dei i større grad er avhengig av andre personar enn kva som er tilfelle ved utforskingar og gjerningar.

For det andre vil ein elev i arbeid med ei matematikkoppgåve vere oppteken av andre si godkjenning og aksept i aktiviteten, for å bli ein del av ei sosial gruppe, heller enn løysinga på oppgåva. Dette står i kontrast til utforsking og gjerningar som heller har resultatet som mål. Her vil eleven vere i stand til å vurdere om løysinga er tilstrekkeleg eller ikkje. Avslutningsvis argumenterer Sfard (2008) for at det ikkje vil vere noko rom for underbygging ved rituelle rutinar, fordi det handlar om å prestere for dei andre deltakarane i diskursen heller enn å vete. (eng: knowing). Med andre ord er den presise utføringa av prosedyren det einaste kravet. Trass desse i mindre grad positive konsekvensane som Sfard (2008) trekkjer fram, meiner ho og Lavie et al. (2019) at rituelle rutinar oftast vil vere nødvendige i prosessen med å nå ei utforskande deltaking, som dei meiner bør vere målet i matematiske diskursar.

Tabell 1 tek føre seg dei ulike typane rutinar og samanliknar desse på tvers, basert på ulike faktorar. To av metareglane sine underkategoriar (bruks- og avslutningsvilkår) som tidlegare er presentert, kjem fram i tabellen og er markert i raud farge.

	Gjerningar	**Rituell**	**Utforsking**
Avslutningsvilkår/mål	Å gjere ei endring i omgjevnadane	Å skape relasjonar med andre (å forbetre ein sin posisjonering ovanfor andre)	Beskriving av verda (produsere godkjente narrativ om verda)
Kven rutinen vert utført av	Ingen spesielle krav	Med (støtte frå) andre	Ikkje noko behov for støtte – kan bli gjennomført individuelt
Kven rutinen vert utført for	Ingen spesielle krav	Andre (autorativ diskurs)	Andre og seg sjølv
Bruksvilkår (eng: applicability. Endre *når*, held *korleis* konstant)		Avgrensa – prosedyren er situert	Brei – prosedyrane er brukbart i eit breidt spekter av situasjonar

Fleksibilitet (endra *korleis*, held *når* konstant)		Nesten ingen grad av fridom i handlingsforløpet	Prosedyren er ei heil mengd av ekvivalens av ulike handlingsforløp
Korrigerbart	Ved å tukle	Kan ikkje bli korrigert – må gjentakast i sin heilskap	Delar kan bli erstatta med ein tilsvarande subrutine
Vilkår for aksept (eng: acceptability condition)	Det er ikkje noko behov for menneskeleg aksept – det avhenger av miljøet	Aktiviteten følgjer strenge reglar som definerer rutineprosedyrane – aksepten avhenger av andre menneskjer	Narrativet som er konstruert må underbyggjast slik at ein ikkje er avhengig av aksept frå andre personar.
Bruk av ord og mediatorar	Truleg ingen aktiv bruk av nøkkelord	Frasedreven bruk av nøkkelord- som beskrivingar av ekstradiskursive mediatorar	Objektivisert bruk av nøkkelord

Tabell 1. Samanlikning av gjerningar- , rituelle og utforskande rutinar. Mi omsetjing av Sfard (2008, s. 243) sin tabell.

Ut frå tabellen, der kvar rutine er delt inn i tre separate kolonnar, kan det tolkast som at elevane sine rutinar kan identifiserast til å høyre til ei av desse kolonnane. I følgje Lavie et al. (2019) er det derimot sjeldan at elevar berre har reine rituelle- eller utforskande rutinar. Elevane sine rutinar kan altså vere komplekse. Ved analyse av elevane sine rutinar må ein difor vere bevisst på at fleire typar rutinar kan finne stad i same matematiske aktivitet. I tabellen over er det også to nye omgrep for å beskrive dei ulike rutinane. Eit av desse er fleksibilitet (eng: flexibility) og handlar om eit barn si evne til å utføre oppgåva på fleire ulike måtar, men likevel ende opp med det same svaret. Eit anna omgrep er *korrigerbart* (eng: correctibility). Dette dreiar seg om kor vidt rutinen let seg endrast eller rettast på. Til slutt handlar *vilkår for aksept* (eng: acceptability condition) om kva vilkår som må vere til stades for at ein skal få aksept for dei handlingane ein har utført i rutinen.

Definisjonane i tabellen over, saman med underkategoriane innanfor rutinar, altså bruksvilkår, prosedyre og avslutningsvilkår vil vere med på å bestemme kva for rutine/rutinar elevane nyttar seg av i aktiviteten. Til dømes kan rituell deltaking gjenkjennast ved at det er andre avslutningsvilkår som er styrande for elevane sin diskurs enn kva som ville vore tilfellet for utforskande rutinar. Tilsvarande kan bruken av ord og mediatorar vere ulike i gjerningar i forhold til rituelle rutinar. Elevane sitt mål for aktiviteten er som tidlegare nemnt også styrande for kva type rutinar dei nyttar seg av. Slik kan ei oppgåve der elevane til dømes skal rekne ut $41 * 2$ vere eit døme på både gjerning, utforsking og ritual, avhengig av kva mål elevane har med rutinen. Viss målet er å lage eit narrativ om tala, til dømes at «$41 * 2 = 82$» vil elevane si rutine kunne reknast som utforskande. Viss elevane derimot berre ser på tala som nokre objekt som slik skal bli 82, vil det i staden vere snakk om gjerningar. Målet med aktiviteten kan også vere døme på ritual viss målet er å utføre prosedyren, som i dette tilfelle vil vere å multiplisere reknestykket, basert på ein tanke om at det er forventa og sosialt akseptert frå den andre parten. Med andre ord kan det vere utfordrande å skilje kva rutinar elevane nyttar seg av i ein aktivitet. Sfard (2008) meiner difor at det er nødvendig å ta utgangspunkt i kategoriane som kjem fram av tabellen over i denne prosessen.

2.4 Læring som utvikling av diskurs

Sfard (2007) definerer læring av matematikk som individualisering av den matematiske diskursen. Dette forstår ho som å bli i stand til å kommunisere etter denne sine reglar. Ho ser dermed på læring som ein prosess der ein vil bli i stand til å ha matematisk kommunikasjon, ikkje berre med andre, men også med seg sjølv. Vidare vil eit spørsmål om kva elevane ikkje har lært, i den kommognitive ramma heller vere ein diskusjon om nødvendige endringar i elevane sin måte å kommunisere på. Slike endringar kan som nemnt før studerast ved å identifisere endringar i kvar av dei fire diskursive kjenneteikna: Ordbruk, bruk av visuelle mediatorar, godkjente narrativer og rutinar (Sfard, 2007).

Når ein snakkar om læring i kommognitiv forsking vil ein altså sjå på mønster og endringar i kva elevane seier og gjer – både individuelt og kollektivt. Sfard (2007) argumenterer altså for at læring er endring av diskursar, og skil følgeleg mellom læring på *objektnivå*- og på *metanivå*. Læring på objektnivå uttrykkjer seg på ein eksplisitt måte i ei utviding av den allereie eksisterande diskursen, og handlar hovudsakleg om eigenskapane til matematiske objekt og relasjonen mellom dei. I motsetning vil læring på metanivå innebere endringar i diskursen sine metareglar. Det betyr at nokre kjente oppgåver, som til dømes å definere eit omgrep eller identifisere geometriske figurar, no vil bli gjort på ein annan og ukjent måte. Metareglar er altså styrande for elevane sine utsegn og handlingar i den matematiske aktiviteten. I kommognitiv forsking er fokuset på metareglane, og er beskrivande for elevane sine rutinar. Sfard (2007) meiner likevel at det er usannsynleg at elevane vil initiere til ei endring på metanivå av seg sjølve. Det skuldast blant anna at metareglar vil vere ei nyttig tilnærming til matematikken snarare enn nødvendig. Det betyr altså at endringa av diskursen må kome frå ein ytre påverknad. Dette kan skje når eleven samhandlar med andre og møter på matematiske diskursar som ikkje stemmer overeins med sine eigne. Dette beskriv Sfard (2007) som ei *kommognitiv konflikt*, og kan oppstå når elevar handlar ut i frå ulike metareglar. Slik kan kommognitive konfliktar ha stort potensial for læring på metanivå.

Samstundes åtvarar Sfard (2007) om at kommognitive konfliktar ofte blir forveksla med faktiske usemjer som teorien gjerne beskriv som *kognitiv konflikt*. Forskjellen på desse to er hovudsakeleg korleis dei tilnærmar seg læring. Tileigningsteorien ser på læring som noko individuelt, der den kognitive konflikten oppstår i møte mellom eleven si tru og verda. I kontrast til dette vil ein ut frå ei kommognitiv tilnærming argumentere for at læring, som blir sett på som ei endring av ein diskurs, mest sannsynleg er eit resultat av interaksjonar med andre. Moglegheiter for læring oppstår altså på metanivå, og kjem frå forskjellar i samtalepartnaren sine måtar å kommunisere på, heller enn frå usemjer mellom godkjente narrativ og visse ytre bevis.

2.5 Refleksjonar kring bruk av kommognisjon som analytisk rammeverk

I denne studien har eg gjennom ei observatørrolle belyst korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn. Med andre ord har eg som observatør berre hatt tilgang til det som skjer verbalt og visuelt i grupperommet. Eg har altså ikkje hatt direkte tilgang til elevane si tenking, og følgeleg vil fokuset i denne studien vere på kva som er observerbart. Likevel ser Sfard (2007) på kommunikasjon og tenking som to prosessar som ikkje kan skiljast, der elevane set ord på tankane sine. På denne måten argumenterer ho for at elevane sine tankar likevel kan bli gjenstand for observasjon, og at ein slik kan seie noko om korleis elevane tenkjer i matematikkfaget. Ei slik oppfatning er i kontrast til andre forskarar. Til dømes meinte Freudenthal (1981) at det er utfordrande å få kunnskap om læringsprosessen hjå menneske. Også Phillips (2017) argumenterer for at det kan leggjast til grunn at læring av matematikk generelt vil disiplinere sinnet.

Sjølv om det er ulike oppfatningar om kor vidt ein forskar kan få innsikt i elevane sin læringsprosess, har eg valt å posisjonere meg ut i frå Sfard (2008) si tilnærming. Grunngjevinga er at det er mest hensiktsmessig å nytte eit rammeverk som fokuserer på eit sosiokulturelt perspektiv, der elevsamarbeid og kommunikasjon er vektlagt for å kunne svare på problemstillinga mi. Dette er sentrale element i Sfard sin teori, og eg har difor vurdert rammeverket som passande i denne studien. Teorien har vorte nytta som ei analytisk linse for å få innsikt i materialet og slik kunne belyse problemstillinga mi. Eg har vore varsam med å hevde noko om kva elevane tenkjer, men heller at dei handlingane som kan observerast kan vere indikatorar på dette. Samstundes betyr det at funna mine ikkje kan tale for korleis elevane eller andre elevar kjem til å handle i andre situasjonar, men heller kva som skjedde i dei situasjonane eg observerte.

3.0 Tidlegare forsking

I dette kapittelet vil eg ta føre meg relevant forsking som er nyttig for å forstå problemstillinga og drøftinga i studien min. Først vil eg presentere forsking om bruk av digitale verktøy i skulen, og deretter om design og oppbygging av læringsspel. Vidare blir det gjort greie for forsking om læringsspela sin påverknad på matematikklæring, før eg rettar fokuset på kva forsking som er gjort på elevsamarbeid kring læringsspel. Avslutningsvis har eg inkludert teori om gjentekne tilnærmingar i matematikken.

3.1 Digitale verktøy og læringsspel i skulen

Gjennom ei systematisk analyse har Bray og Tangney (2017) undersøkt bruken av digitale verktøy i skulen. Her fann dei ut at digitale verktøy kan nyttast til å motivere elevane til å få eigarskap til eiga matematikklæring. Det kan også gje elevane nye måtar å visualisere matematiske omgrep på, og tilnærme seg autentiske kontekstar utan å bli for overveldande og komplekse for elevane. Dette funnet viser altså at det er fleire potensielle gevinstar med bruk av digitale verktøy i skulen. Vidare viser litteraturgjennomgangen til Bray og Tangney at lærarar berre i noko grad klarer å realisere desse potensielle fordelane. Det blir forklart med at bruk av teknologi i skulen i stor grad blir nytta som ei forenkling av den tradisjonelle undervisinga i klasserommet. Det betyr at digitale verktøy gjerne blir brukte som eit hjelpemiddel som skal støtte elevane i oppgåveløysingar, i staden for å bli brukt på ein måte som fremjar ei djupare forståing for matematikk. Det blir vidare poengtert at viss lærarar skal klare å nytte potensialet som bruk av digitale verktøy kan ha i matematikkundervisinga, må dei ha ei strukturert tilnærming til undervisinga basert på forsking. Samstundes må dei gje oppgåver som støttar samarbeidande, problemløysande og undersøkingsbaserte tilnærmingar til matematikkfaget. Slike tilnærmingar er med andre ord viktige å legge til rette for viss ein skal bruke digitale verktøy på ein hensiktsmessig måte.

I takt med auka fokus på bruk av digitale verktøy og implementering av spelbaserte læringsmiljø, har også forskingsfeltet fått ei aukande interesse for bruk av pedagogiske, digitale spel for å forbetre undervisinga og læringa (Whitton, 2014). Trass dette er fleire forskarar ueinige om kva effekt dei matematiske læringsspela har på elevane sine akademiske prestasjonar (Clark et al., 2016a; Tokac et al., 2019). Ei slik ueinigheit kan bety at det er behov for meir forsking på feltet. På den eine sida påpeikar Pope og Mangram (2015) at det er lite empiriske bevis på at læringsspel i matematikk byggjer matematiske ferdigheiter. Dette blir underbygd av fleire forskarar (Ferguson, 2014; Fiorella et al., 2019) som ikkje har funne ein signifikant samanheng mellom læringsspel og læringsutbyttet i matematikk. Årsakene kan vere mangfaldige. Til dømes er ei sentral årsak til Fiorella et al. (2019) sitt funn at elevane brukte mykje av tida si under spelinga på aktivitetar som ikkje var relatert til det pedagogiske innhaldet i spelet, som til dømes å navigere i den virtuelle verda. Dette er med på å understreke verdien av å utforme læringsspel som effektivt balanserer funksjonar som er meint å underhalde elevane og funksjonar som er meint å fremje læring.

På den andre sida har litteratur funne positive effektar ved bruk av læringsspel i matematikk. Til dømes viser forskinga til Kebritchi et al. (2010) at elevar på vidaregåande skule som samhandlar med læringsspel som fokuserer på læring av algebra, presterer betre enn jamaldrande som ikkje spelte læringsspel i matematikk. Elevane som deltok i studien drog fram faktorar som at spela kombinerer læring og moro som årsaker til at spela var effektive. I likskap med dette har ein studie frå nyare tid (Fokides, 2018) også funne ut at elevane syntest det var kjekt når dei fekk bruke spel i undervisninga, og at det såg ut til å ha spelt ei viktig rolle i oppnåing av læringsutbyttet i matematikk. Blant anna fann han ut at læringsspel i matematikk på kort sikt kan påverke elevane sin problemløysing, motivasjon og engasjement i positiv retning. Ei av årsakene til dette kan i følgje Vanbecelaere et al. (2020) forklarast med at læring er mest effektiv når den er aktiv, erfaringsbasert og gir tilbakemelding med ein gong. Oppsummert tyder desse funna på at bruk av læringsspel i undervisinga gir elevane auka motivasjon og interesse, som igjen er viktige faktorar for auka læring.

For å bruke læringsspel i undervisinga understrekar Skaug et al. (2017) at det er viktig å vere bevisst på at ein ikkje ser på dataspel som kjernen i elevane sin fagkunnskap, men heller som ein plattform i undervisingssituasjonen der dei kan bruke den i. Det betyr at dataspel ikkje kan erstatte aktivitetar i klasserommet som ein veit har effekt på læringsutbyttet, men heller vere eit verktøy som ein kan nytte i tillegg. Dette er også i tråd med forsking (Clark et al., 2016a) og Sitzmann (2011), som viser at spel i undervisinga er meir effektivt når dei er supplement til andre undervisingsformer. Dette underbyggjer igjen at læringsspel *kan* ha ein læringseffekt, men at det må implementerast på ein hensiktsmessig måte i undervisinga.

3.2 Læringsspel sitt design

Pope og Mangram (2015) har publisert ein studie om digitale matematikkspel og deira påverknad på talforståing. Dei fann ut at fleire av matematikkspela som er tilgjengelege på marknaden ser ut til å vere retta mot prosedyre- og hastigheitspraksis. Det betyr at læringsspela har ei spesifikk tilnærming til matematikklæring, der fokuset gjerne ligg på å lære ei bestemt ferdigheit eller prosedyre, samstundes som spelet bidreg til effektivitet og automatisering i oppgåveløysinga. Byun og Joung (2018) beskriv dette som «skill-and-drill»-spel, der slike spel ofte har ei enkel programvare med attraktiv grafikk som hovudsakeleg fokuserer på prosedyrekunnskap i tema som algebra, geometri og måling. I tillegg dekkjer et slikt speldesign ofte små og komplekse delar av matematikkpensumet, som til dømes dei fire rekneartane (de Carvalho et al., 2016). Det betyr altså at mange læringsspel gjerne ikkje tek føre seg fleire matematiske tema som fremjar ei heilskapsforståing i faget, men heller fokuserer på enkelte matematiske tema.

Pope & Mangram (2015) meiner at eit slikt «skill-and-drill»-design som legg til rette for læring av prosedyre og grunnleggande fakta er viktig, men at det også kan gje brukarane eit innsnevra fokus. Eit slikt speldesign vil då berre dekke ein liten del av det som trengst for å gjere eleven matematisk dyktig. Desse funna samsvarar med Larkin (2015) sin studie som også fremjar at fleirtalet av digitale spel som blir nytta i matematikkundervisinga berre forbetrar grunnleggande ferdigheiter. I lys av denne forskinga understrekar Van Eck (2015) at digitale matematikkspel i staden burde designast for å engasjere elevane i matematiske prosessar som problemløysing og resonnement.

Vidare viser studien til Mayer og Johnson (2010) at læringsspel særleg bør ha fire funksjonar for at det skal kunne definerast som eit læringsspel: Regelbasert, responsivt, utfordrande og kumulativt. Med dette meiner dei at spelet bør designast til å vere utfordrande nok, med klare reglar, augeblikkelege tilbakemeldingar og der vanskegrada aukar utover i spelet. I tillegg hevdar Yong et al. (2021) at det er viktig at spelet er designa til å inkludere ulike historier der det ikkje nødvendigvis er eit rett eller gale svar, men at spelaren kan byggje vidare på sine handlingar. Det er også viktig for spelet sin funksjonalitet at det er designa slik at elevane opplever matematiske prosesser, til dømes formulering av hypotesar, testing av hypotesar, problemløysing, resonnement og bevis og representasjonar. Dette kjem fram i Gök og İnan (2021) sin litteraturgjennomgang, og blir fremja som ei felles vektlegging hjå fleire studiar.

Vidare viser studien til Moyer-Packenham et al. (2019) at læringsspel sin effekt i skulen er påverka av korleis spelet er bygd opp. Ved å forske på barn i 8 –12 års alderen fann dei at spel som legg til rette for at dei kan nytte ei aktiv handling, til dømes å dra i eit element og kople det til ein matematisk representasjon i spelet, resulterer i betydeleg læringseffekt. Sjödén et al. (2017) har også vektlagt funksjonar og design i læringsspel, men fokuserer i staden på digitale karakterar eller «agentar» i spelet som elevane kan spele med. Eit av funna deira viser at ved å utforme eit læringsspel som inneheld slike agentar, resulterer det i større uthald hjå elevane. I tillegg viser studien at eit slik design gjer det enklare for elevane å ta opp igjen eit tapt spel, særleg dersom agenten også kom med tilbakemeldingar og råd til eleven. Katmada et al. (2014) fremjar at tilbakemeldingar som kjem med det same, kan hjelpe elevane med å forstå kva dei har gjort feil og gje dei høve til å rette det opp. Likevel viser studien til Ke (2008) at læringsspel har ein tendens til å utforme og implementere tilbakemeldingar som er meir oppsummerande enn informative. I slike tilfelle blir eleven berre kreditert for riktig svar, uavhengig av korleis dei kom fram til svaret eller om dei forstod metoden. Eit slik design vil gjere det meir krevjande for eleven å tileigne seg forståing og rette opp i egne feil på ein tilfredsstillande måte.

Oppsummert peikar fleire forskarar på at dei fleste matematikkspel i dag er utforma med fokus på ein bestemt prosedyre eller ferdigheiter. Dette fører til at elevane får utvikla grunnleggande ferdigheiter i matematikk, men samstundes tapar dei noko av heilskapsforståinga. Vidare viser teorigjennomgangen at det er ønskjeleg å utforme spel slik at elevane opplever matematiske prosessar, der eksempelvis inkludering av interaktive agentar kan resultere i auka læringseffekt.

3.3 Elevsamarbeid kring læringsspel

Med referanse til problemstillinga mi og vektlegginga av kommunikasjon mellom elevar som jobbar i par, er det naturleg å sjå på kva tidlegare forsking seier om dette. Nokre av forskarane som har undersøkt dette er Qian og Clark (2016a), som har undersøkt læringsspel knytt til «21st century skills». Dette er eit samleomgrep for eit breitt spekter av ferdigheiter som til dømes kritisk tenking, kreativitet, samarbeid og kommunikasjon. Studien viser vidare at det er lite kjent korleis spel kan påverke elevane si tileigning av slike ferdigheiter. Dette kan støttast opp mot ein nyare studie utført av Moon og Ke (2020) som fokuserte på samarbeid og kommunikasjon mellom elevane. Dei meiner at det ikkje kjem tydeleg fram i tidlegare studiar om kor vidt det at elevane får jobbe i par påverkar effektiviteten og engasjementet i matematikkfaget. Dette sjølv om Ferguson (2014) for eit knappe tiår sidan hevda at elevane treng undervising som fokuserer på 21st-century skills for å lukkast etter avslutta skulegang. På bakgrunn av at eg legg særleg vekt på to av ferdigheitene som inngår i *21st century skills*; samarbeid og kommunikasjon mellom elevane, kan det bety at det finst lite forsking som har fokusert på spelbasert læring opp mot desse ferdigheitene. I sum er dette med på å underbyggje studien sin relevans for framtidig forsking.

Sjølv om fleire forskarar har påpeika at det er lite forsking på samarbeid og kommunikasjon knytt til læringsspel, finst det likevel noko litteratur som støttar dette området. Blant anna har Ke (2008) funne indikatorar som tyder på at å leggje til rette for samarbeid i eit spelbasert læringsmiljø var mest effektiv for å fremje positive haldningar i matematikkfaget. Dette funnet blir støtta av ein nyare metaanalyse utført av Ran et al. (2022) som har undersøkt effekten av teknologi og denne si rolle på elevane sin matematikkprestasjon på grunnskule og vidaregåande skule. Dei fann ut at bruk av teknologi hadde størst signifikans når dei vart brukt for å skape og støtte samarbeidande og kommunikative miljø. Samla underbyggjer desse studiane altså verdien av å legge til rette for at elevane kan samarbeide medan dei arbeider med læringsspel.

Ein anna studie utført av Moon og Ke (2020) undersøkte korleis samarbeid mellom elevar i par påverkar oppgåveeffektiviteten, læringa og engasjementet medan dei spelar læringsspel i matematikk. Eit av funna deira viser at elevar som i mindre grad brukte tid på å samtale om oppgåvene og matematisk innhald, gjerne kom seg gjennom oppgåvene raskare enn dei som brukte meir tid på samtalar. Det blir blant anna forklart ved at elevar som kommuniserte mindre, fokuserte meir på oppgåva. Elevane med lengre samtalar knytt til oppgåva vart derimot meir distrahert av estetiske funksjonar under spelinga. Samtidig fokuserte desse elevane stort sett på å gjenta aktive handlingar i spelet, som til dømes å flytte element og utforske spelverda, i staden for å planlegge korleis dei skulle fullføre ei oppgåve i spelet. Dette viser at elevar som samarbeider utan at dei har eit føremål eller fokus på læring, får lågare effektivitet og engasjement i oppgåvene. I lys av dette hevdar Moon og Ke at det er nødvendig å gje instruksar i spelet som stimulerer til elevane sine matematikkrelaterte diskusjonar og som slik kan leggje til rette for ei meiningsfull og reflektert spelbasert læring.

3.4 Metoden med gjentekne tilnærmingar

I følgje Gert Hana (2014) er prøving og feiling ein stor del av problemløysing både i og utanfor matematikk. Sjølv om studien min ikkje fokuserer på problemløysing som eit matematisk tema, vil denne metoden likevel vere å finne i datamaterialet mitt når elevane spelar Numetry. Det er difor naturleg å inkludere teori om dette.

Hana (2014) argumenterer for at det er tilfeldig om ein finn svaret ved tilfeldig prøving og feiling. Han fremjar at det i staden vil vere meir fornuftig med ei systematisk prøving og feiling. Ved bruk av ein slik metode vil ein gjere val basert på tidlegare erfaringar, og slik kome nærare ei løysing for kvar gong ein forsøker. Det er denne metoden som Hana (2014) kallar *metoden med gjentekne tilnærmingar*. Han nemner vidare at for å kunne nytte ein slik metode, krev det at ein har ei viss forståing av den aktuelle situasjonen. Ved å sjå dette i lys av Numetry, meiner han at det ikkje er føremålstenleg med ei slik prøve- og feile-tilnærming viss ein ikkje får stadfesta av spelet om vala ein tek er rette. I Numetry er det ein funksjon som gjer at spelet lyser grønt om svaret er riktig og raudt viss det er feil. I lys av dette kan ein metode med gjentekne tilnærmingar vere nyttig i følgje Hana (2014) sin teori. Det krev likevel at elevane dreg nytte av feila som oppstår ved prøving. Med andre ord er dette faktumet meir avhengig av elevane og deira evne til å ha ei systematisk tilnærming enn det er av funksjonalitetane i spelet.

4.0 Metode

I denne studien har eg undersøkt korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn. For å kartleggje dette var det nærliggjande å velje ein metode som legg vekt på kommunikasjon mellom elevane medan dei spelar spelet. Eg har difor valt å nytte ei kvalitativ tilnærming der eg observerte og intervjua eit lite utval elevar som jobbar saman i par med Numetry. Eg har altså nytta ei metodetriangulering som i følgje Befring (2015) inneberer at fleire metodar er nytta og kombinert for å belyse problemstillinga frå ulike synsvinklar og tilnærmingar.

Eg startar med ein presentasjon av delspela som er nytta i Numetry. Vidare gjer eg greie for studien sitt forskingsdesign, før eg deretter vil beskrive forarbeidet som vart gjort i forkant av datainnsamlinga. Her vil eg skildre undervisingsopplegget som vart gjennomført, samt praktiske førebuingar kring dette. Deretter vil eg gå nærare inn på datainnsamlingsprosessen, der eg vil beskrive ytterlegare utval, kontekst og innsamlingsmetode. Forskingskvalitet og analyseprosessen blir vidare gjort greie for, før eg avslutningsvis drøftar etiske grunngjevingar og refleksjonar som er lagt til grunn for studien.

4.1 Om Numetry

For lesar vil det vere nyttig å få innsikt i Numetry tidleg for å få ei betre forståing for korleis studien seinare er gjennomført. I dette kapittelet vil eg difor beskrive fire av seks delspel frå Numetry som vart nytta i undervisingsopplegget, fordi det er desse eg har presentert data frå. Dei seks utvalde spela er eit resultat av ei avgrensing som eg har gjort av spelet sine spelbibliotek, og er ein del av forarbeidet som ligg til grunn for studien. Dette blir gjort nærare greie for i kapittel 4.2.1.

4.1.1 Cross Connector

Dette spelet handlar i hovudsak om utforskande algebra med fokus på rekne- og likskapsteikn. Her må elevane plassere tal, likskaps- og rekneteikn på rett stad i dei uferdige reknestykka. I utfordringsmodusen aukar vanskegrada og oppgåvene krev fleire problemløysingsstrategiar.

Figur 3. Skjermdump frå historiemodus i delspelet Cross Connector.

4.1.2 Rocket Payload

Her må elevane nytte hovudrekning, algebraisk tenking, talvener og problemløysing for å laste dronane med maksvekta som er oppført. Etter kvart må elevane splitte vektene for å finne riktig tal som passar i dronen. Når dronane er fylt opp med maksvekt vil dei vere i stand til å ta av, og oppgåva er løyst. Utover i spelet vil det i nokre av oppgåvene allereie vere plassert ei grå vekteining i kvar drone. Når elevane skal fylle dronane med vekt, fordrar det altså at elevane tek omsyn til den ved utrekning av maksvekta. Ein speleregel er også at det må nyttast både ei raud og ei blå vekteining som står plassert på eit samleband, i kvar av dronane. For å fylle dronane med maksvekta, kan elevane plassere vekteiningar direkte frå samlebandet til dronane. I fleire tilfelle vil dei likevel oppleve at dei treng andre tal på vekteiningane enn dei som står på samlebandet. Då kan dei nytte ei maskin, heretter kalla *splittarmaskina*, som kan dele opp vekteiningane. Med andre ord er poenget i oppgåva å planleggje og å plassere ei blå og ei raud vekteining i kvar drone som samla oppfyller dronane si maksvekt.

Figur 4. Skjermdump frå historiemodus 2 i delspelet Rocket Payload.

4.1.3 Phantom Fractions

I dette spelet får elevane øving i å identifisere likeverdige brøkar. Seinare i utfordringsmodusen skal elevane addere og redusere brøkar, og gjere om uekte brøkar til blanda tal.

Figur 5. Skjermdump frå modus 1 i delspelet Phantom Fractions.

4.1.4 Door Decryptor

I Door Decryptor må elevane sjå samanhengen mellom symbol som representerer ein verdi og dei ulike rekneartane. Spelet er ei innføring til algebraisk tenking og likningssett med fleire ukjente.

Figur 6. Skjermdump frå delspelet Door Decryptor.

4.2 Forskingsdesign og forarbeid

I denne studien har målet vore å undersøkje korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn. Med omsyn til målet, har det difor vore naturleg å nytte seg av casestudie som forskingsdesign. Dette handlar om å få ei forståing for eit fenomen som finn stad i ein bestemt og avgrensa kontekst (Postholm & Jacobsen, 2018). I likskap med studien min, vil slike studiar forsøke å belyse og forstå ei sak. Difor har ein viktig del av arbeidet med denne masteroppgåva vore å bli kjent med Numetry sine spel, funksjonar og visjonar. Det har gjort det lettare å leggje til rette for undervisingsmaterialet som skulle nyttast i datainnsamlinga, der eg observerte elevane spele Numetry i par. For å forstå korleis studien vart gjennomført, er det vidare nødvendig å presentere kva forarbeid og praktiske førebuingar som ligg til grunn for å gjennomføre innsamlinga av data på ein god, etisk og trygg måte, og som samstundes belyser problemstillinga mi.

4.2.1 Avgrensing av oppgåver i Numetry

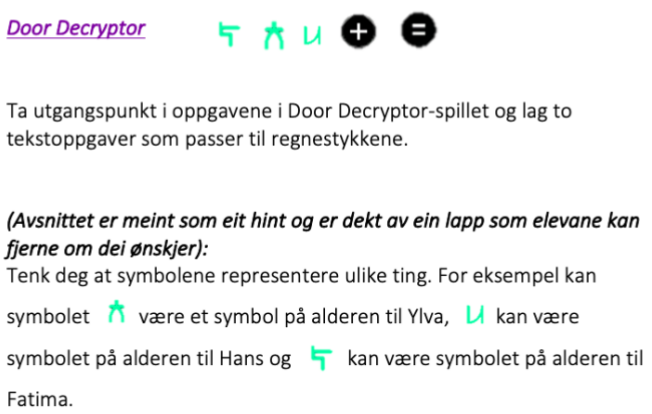
Numetry har per i dag 23 typar oppgåver, der kvar av dei har tre ulike vanskegrader. For å få eit datamateriale som kan belyse problemstillinga mi, samt vere innanfor studien sine tidsrammer, var det først nødvendig å avgrense kva typar og tal på oppgåver elevane skulle gjere i undervisingsøktene. Når elevane jobbar med same type oppgåver, får ein meir data som omhandlar det same, noko som gjev eit rikare og meir spissa materiale å analysere.

Numetry Lærarportal er eit program som saman med læringsspelet Numetry utgjer *Numetry skole*. Lærarportalen gjorde det mogleg å avgrense tal og typar oppgåver gjennom ein funksjon der lærar kan tildele spesifikke oppgåver til klassen eller enkelte elevar. Eg valde ut seks spel innanfor Numetry som eg synest var interessante å bruke i dette prosjektet. Fire av desse er presenterte i kapittel 4.1.1–4.1.4. Alle vanskegradar i spelet, altså historiemodus, utfordringsmodus 1 og utfordringsmodus 2 vart også opna opp og gjort tilgjengelege for elevane. Vanlegvis må elevane løyse delspela sine modusar i kronologisk rekkefølgje, med historiemodus først og deretter utfordringsmodus 1 og 2. Førstnemnte er eit introduserande modus med video og oppgåver, medan oppgåvene i utfordringsmodusane er som namnet tilseier meir utfordrande og tidkrevjande.

4.2.2 Utforming av oppgåveark

I forkant av datainnsamlinga vart det utforma eit oppgåveark (sjå vedlegg 1) som var meint som eit supplerande verktøy for å skape ytterlegare kommunikasjon mellom elevane kring spelet. Ved å stille opne spørsmål der elevane må setje ord på handlingar og vala, og der dei må undersøke spelet i større grad, var målet at dette skulle bidra til å belyse ytterlegare korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Valet om å leggje til eit oppgåveark i elevane sin spelprosess kan grunngjevast med Clark et al. (2016a) og Sitzmann (2011) sin argumentasjon om at spel i undervisinga er meir effektiv når dei er supplement til andre instruksjonar- eller undervisingsmetodar.

For å sikre at oppgåvearket var i tråd med Numetry si hensikt og visjonar, vart oppgåvene utforma i lys av læringsmåla som Eduplaytion har trekt fram i Lærarportalen som gjeldande for dei utvalde oppgåvene. Til dømes er delspelet Door Decryptor bygd på læreplanmålet for 5. trinn, der elevane skal kunne «løse ligninger og ulikheter gjennom logiske resonnementer og forklare hva det vil si at et tall er en løsning på en ligning» (Kunnskapsdepartementet, 2019). Med andre ord vil fokuset vere på algebraisk tenking i oppgåver som byggjer på dette læreplanmålet. Det var difor nærliggjande å utforme oppgåvearket slik at elevane vart oppfordra til å løyse likningar og ulikskapar gjennom resonnement, med mål om å fremje ei forståing for kvifor løysinga blir som den blir. På bakgrunn av dette skulle elevane gjennom oppgåvearket ta utgangspunkt i oppgåvene i Door Decryptor og lage to tekstoppgåver som passar til reknestykka, slik som vist i figur 7 og i vedlegg 1. Oppgåva har også eit hint som er dekka av ein lapp med «lærartyggis», som elevane kan nytte seg av. Ved utforming av denne oppgåva var tanken at det å evne å lage tekstoppgåver knytt til likningssett, handlar om å forstå kva likningane betyr matematisk, og sjå relevansen og knytte dei til realistiske situasjonar. Eit av måla med denne oppgåva var at elevane skal setje ord på forståinga deira kring oppgåva, som vidare kan vere med på å belyse Numetry sitt potensial for å leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Å lage ei slik tekstoppgåve vil kunne vere positivt for læreplanmålet for 5. trinn som er nemnt over, som hovudsakeleg handlar om algebraisk tenking og logisk resonnement.


Door Decryptor

Ta utgangspunkt i oppgavene i Door Decryptor-spillet og lag to tekstoppgaver som passer til regnestykkene.

(Avsnittet er meint som eit hint og er dekt av ein lapp som elevane kan fjerne om dei ønskjer):
Tenk deg at symbolene representere ulike ting. For eksempel kan symbolet være et symbol på alderen til Ylva, kan være symbolet på alderen til Hans og kan være symbolet på alderen til Fatima.

Figur 7. Skjermdump frå vedlagt oppgåveark. Vedlegg 1.

Med omsyn til at alle oppgåvene i oppgåvearket er utforma på same måte som den beskrivne oppgåva ovanfor, vel eg å ikkje gå nærmare inn på dei andre oppgåvene i oppgåvearket.

4.2.3 Praktiske førebuingar

Tidleg i første veka av praksisperioden vart elevane informerte om forskingsprosjektet mitt, kva det gjekk ut på og litt om Numetry. Elevane som melde si interesse for å vere med, fekk utdelt samtykkeskjema (sjå vedlegg 3) som dei tok med heim til føresette. At eg kom i gang med dette i ein tideleg fase av praksisperioden førte til at eg hadde god tidsmargin til å eventuelt vende meg til andre klassar på skulen viss det ikkje var interesse for å delta i prosjektet i eiga praksisklasse. Det synte seg å ikkje bli nødvendig, då fleire elevar var interesserte og fekk samtykke frå foreldra. På bakgrunn av dette vart seks elevpar frå klassen min sett saman. I midten av veke to starta gjennomføringa av datainnsamlinga. Eit tidsrom mellom første veke, der elevane vart introduserte for forskingsprosjektet, til dagane då sjølve gjennomføringa starta, gjorde at fleire elevar kunne stille spørsmål til opplegget i forkant av datainnsamlinga. Dette har gitt elevane moglegheit til å tenkje seg om, og få høve til å eventuelt trekke seg frå prosjektet viss dei kjente på det.

Slik som Postholm og Jacobsen (2018) tilrår å gjere før ein nyttar video- og lydopptak, brukte eg også mykje tid på å bli kjend med – og teste utstyret før dei planlagde øktene. Det gjorde at eg kunne rette merksemda mot elevane og aktiviteten, og ikkje det praktiske rundt utstyret. Eg erfarte likevel at det var utfordrande å vere åleine kring ei datainnsamling. Sjølv om eg visste korleis utstyret fungerte, var det mykje som skulle hugsast på og utstyr som skulle setjast i gang i riktig rekkefølgje på to elevgrupper samstundes.

4.3 Datainnsamling

I dette delkapittelet har eg gjort greie for utvalet og konteksten som ligg til grunn for datainnsamlinga som er gjennomført.

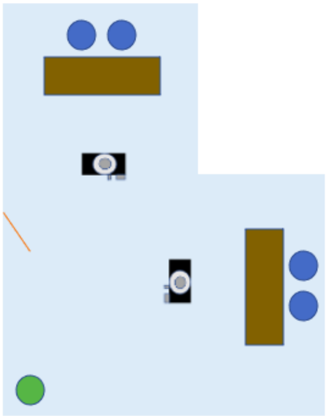
4.3.1 Utval

Gjennom forskingsprosjektet LATACME fekk eg godkjenning frå NSD om å gjere video- og lydopptak av eit utval elevar. Eg gjorde avtale med min dåverande praksislærar om å gjennomføre prosjektet i den etterfølgjande praksisperioden. Matematikklærarane på trinnet hadde brukt Numetry nokre gonger før, og var positive til prosjektet. Den første veka brukte eg tid på å snakke om prosjektet og om Numetry for klassen, samt høyre kven av elevane som hadde lyst til å delta. Det var totalt 17 elevar som ville vere med. Opphavleg var planen min at heile klassen skulle spele Numetry, men der videoopptak berre blei gjort av tolv elevar med samtykke. Praksisläraren ønskte derimot ikkje å avbryte statistikk-temaet som klassen lærte om i denne perioden. Difor vart utvalde elevar som ønskte å delta, tekne ut av undervisinga i to økter. Dette medførte at nokre elevar som hadde meldt interesse for prosjektet, ikkje fekk høve til å vere med eller spele Numetry.

Med grunnlag i forsking som viser at elevar som speler læringsspel i par lærer meir enn elevar som spelar spelet åleine (Clark et al., 2016a; Wouters et al., 2013), blei det satt saman elevgrupperingar på to og to som skulle spele Numetry saman. Ein fordel med å gjere ei datainnsamling i ein klasse som eg kjenner godt frå før, er at eg fekk setje saman elevpar som eg tenkte evnar å samarbeide og som potensielt kunne ha interessante matematiske samtalar. Her kom også praksislærar med råd og tips på kven som samarbeider betre enn andre. På bakgrunn av dette bestod utvalet til slutt av seks elevpar, sju gutar og fem jenter. Innanfor kvart elevpar var elevane nokså like i forhold til kommunikasjonsevne og fagleg nivå i matematikk. Særleg eit av elevpara, som eg har valt å kalle Gunnar og Jakob (fiktive namn), er truleg meir høgt-presterande både fagleg og sosialt i forhold til dei andre para. Dei fem andre elevpara kan reknast som middels- til høgt presterande elevar, men viste i mindre grad samarbeidande og utforskande evner, samanlikna med Gunnar og Jakob. Elevane hadde derimot det til felles at alle hadde omlag like mykje erfaring med Numetry. Dette kom fram i intervjuet, der elevane uttrykte at dei har brukt Numetry eit par gongar i matematikktimen, hovudsakleg som ekstraarbeid når dei var ferdige med tildelte oppgåver (sjå vedlegg 5, utdrag 2).

4.3.2 Kontekst

I utgangspunktet var planen å gjennomføre datainnsamlinga over ei undervisingsøkt på 60 minutt, der to par blei filma samstundes. Etter gjennomføring av den første økta såg eg at elevane fekk løyst færre oppgåver i Numetry enn eg hadde venta. Eg gjennomførte difor to undervisingsøkter (kring 60 minutt kvar), der elevane i den andre økta heldt fram med arbeidet. I begge øktene fekk vi disponere eit middels stort grupperom. Figur 8 under syner dette, og er ein illustrasjon av korleis grupperommet var organisert i forkant og undervegs i datainnsamlinga. Som figuren viser, har grupperommet ei vinkelform der to og to elevpar vart filma samstundes, og der begge er plasserte i kvar sitt hjørne. Videokamera er plassert slik at dei filmar elevane i front frå kring tre meter avstand (symbolisert med svart og grå på figuren). Den grøne sirkelen i figuren symboliserer kor eg oppheldt meg i store delar av øktene. Drøftinga som vart gjort kring romorganiseringa blir gjort greie for i neste kapittel.



Figur 8. Illustrasjon som syner grupperommet si organisering under datainnsamling.

I begge undervisingsøktene skulle elevane løyse seks typar oppgåver i Numetry, som beskrive i avsnitta 4.1.1–4.1.4. I tillegg fekk dei utdelt eit oppgåveark (sjå vedlegg 1) som eg hadde laga i forkant. Oppgåvearket hadde ei oppgåve til kvart spel, og var meint å høyre til- og supplere oppgåvene i Numetry.

4.3.3 Dokumentasjon av datainnsamling

Det vart teke lyd- og videoopptak av elevpara medan dei spelte Numetry. Ein fordel med slike opptak er at den fangar opp både verbale og non-verbale uttrykk. Samstundes kan ein som forskar sjå situasjonen fleire gonger, og observasjonen og analysen av materialet kan fortsetje etter opptaket (Postholm & Jacobsen, 2018). Dette er i tråd med Sfard (2008), som argumenterer med at lyd- og videoopptak gir betre høve til å finne tolkingar når ein skal analyse materialet, fordi ein har høve til å sjå hendingar på nytt. Sidan eg er interessert i korleis Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar, var det både nærliggjande og nødvendig å nytte videoopptak for å kartleggje samtalen og dynamikken mellom elevparet. Det hadde vorte vanskeleg og mykje mindre påliteleg å kartlegge dette utan bruk av videoobservasjon. Med andre ord er det nødvendig å bruke slikt utstyr for å kunne transkribere mest mogleg korrekt. Ein slik praksis vil dermed støtte opp om Sfard si vektlegging på detaljert og korrekt attgjeving av det elevane seier og gjer.

Å nytte slikt utstyr er likevel ikkje uproblematisk. Postholm og Jacobsen (2018) peikar på at videoopptak kan opplevast som meir forstyrrande og utfordrande for deltakarane enn lydopptak. Slik kan videoopptak i nokre tilfelle endre deltakarane sin oppførsel og påverke kva dei seier og gjere (Tjora, 2021). Videokameraet vart difor plassert tre meter frå for å hindre at elevane kjente på ubehag knytt til eit for nærgåande kamera. For å likevel sikre at videoopptaka vart av ein slik kvalitet at eg kunne tolke elevane sine gestar, brukte eg kameraet sin zoom-funksjon. Trass kameraet si plassering viste elevane naturlegvis ei interesse for kameraet. I starten av første økt spurde fleire om kvifor dei vart filma. Sjølv om dette var ein ny og ukjent situasjon for elevane, verka det som at dei raskt vart komfortable med videoopptaka. Nokre av elevane vinka og smilte til kamera, noko som indikerte at dei tykte det var litt stas å bli filma. Ein kan likevel ikkje seie med sikkerheit at det ikkje kan ha påverka elevane sin kommunikasjon og handlingsval, og følgeleg heller ikkje oppgåva si pålitelegheit. Fordelane med bruk av videokamera i denne oppgåva vart likevel vurdert som større enn utfordringane som dette drog med seg. Eg vil til slutt leggje til at kameraa var plassert på ein slik måte at det hindra at personar som ikkje deltok i prosjektet, men som potensielt kom inn grupperommet, vart filma.

I eit mindre rom der to elevpar vart filma samstundes, var det viktig for kvaliteten på transkripsjonen å sikre god lydkvalitet. Difor hadde eg montert ein mikrofon i hjørnet på dataskjermen til kvart av elevpara. Denne var kopla trådlaust til ein mottakar som var festa på videokameraet. For å hindre at dei to elevpara forstyrra kvarandre, vart dei plasserte i kvart sitt hjørne av rommet. Dette hindra også at mikrofonane i mindre grad fanga opp lydar frå det andre elevparet.

I tillegg til lyd- og videoopptak var det også gjort eit skjermopptak på elevane si datamaskin medan dei spelte Numetry. Her vart standardprogrammet for skjermopptak på Chromebooks nytta. Dette var viktig for å få innsikt i elevane sin aktivitet og handling i spelet til ei kvar tid. På denne måten kunne ein sjå kva samtalen mellom elevane dreia seg om, korleis dei navigerte seg i spelet og korleis dette hang saman med utsegna i videoopptaket. Dette reduserte faren for feiltolkingar av kva elevane sa og gjorde. Bruk av skjermopptak var særleg viktig med tanke på at eg som observatør hadde ei tilbaketrekt rolle, og difor ikkje hadde innsikt i elevane sine dataskjermar undervegs i undervisingsøktene. Utan denne skjermtilgangen hadde det vore svært utfordrande å tolke kva elevane gjorde og snakka om. Dette blir særleg underbygt ved at kommunikasjonen ofte bestod av utsegn av typen «Så må vi dele den og den opp …» (sjå vedlegg 4, utdrag 1). Bruk av skjermopptak gav difor gitt større innsikt i elevane sine handlingar under spelet, og kommunikasjonen deira kring desse. Dette var med på å sikre kvaliteten på datamaterialet og styrka gyldigheita og pålitelegheita til studien.

Det må til slutt nemnast at elevane sitt skriftlege arbeid på utdelte oppgåveark, samt kladdeark som var tilgjengelege for elevane, også vart samla inn etter kvar av øktene.

4.3.4 Intervju

Postholm og Jacobsen (2018) argumenterer for at innsamling av empirisk materiale der ein berre tek omsyn til forskaren sine observasjonar og analyser, og ikkje inkluderer synspunkta til forskingsdeltakarane, ikkje er tilstrekkeleg. På bakgrunn av dette vart det gjennomført eit intervju med fire og fire elevar i etterkant av den siste undervisingsøkta. Grunnlaget for gruppesamansetninga var ei tru på at intervjusituasjonen ville bli opplevd som tryggare i ei mindre gruppe, samstundes som det var høve til å støtte seg på medelevane. Intervjuet vart gjennomført same dag som den siste undervisingsøkta for å sikre at elevane hadde opplevingane frå speløktene friskt i minnet. Hensikta med intervjuet var å gje elevane høve til å gje uttrykk for sine eigne tankar og opplevingar (Kvale & Brinkmann, 2015), og følgeleg få bakgrunnsinformasjon som ville vere relevante for å belyse problemstillinga mi, men som gjerne ikkje kom fram i lyd-og videoopptaket frå undervisingsøktene. Det var blant anna interessant å få innblikk i elevane sine erfaringar med dataspel i undervisinga tidlegare, opplevingar kring Numetry i matematikkundervisinga og deira oppfatningar om korleis det fungerte å samarbeide i spelet.

Det vart gjennomført eit semistrukturert intervju, med ein intervjuguide som var utforma i forkant (sjå vedlegg 2). I eit slikt type intervju var eg likevel open for at forskingsdeltakarane kunne ta opp tema som eg ikkje hadde tenkt på (Postholm & Jacobsen, 2018). Med omsyn til elevane sine svar, og korleis samtalen utvikla seg, førte det dermed til at nokre elevgrupper fekk andre spørsmål enn andre. I denne studien har intervjuopptaka vorte brukt til å supplere og utfylle situasjonar der det har vore naturleg.

4.3.5 Observasjonsrolle

Med omsyn til at det vart brukt skjerm-, lyd- og videoopptak i undervisingsøktene, var det i mindre grad behov for å ta notat av observasjonar undervegs i øktene. Det var difor mogleg å ta ei rolle som Savin-Baden og Howell Major (2013) beskriv som «perifer deltakerrolle». I ei slik rolle held ein seg i bakgrunnen til det som blir observert gjennom kameraet (Postholm & Jacobsen, 2018). Intensjonen min var at elevane skulle tenkje, reflektere og diskutere utan at eg påverka eller forstyrra handlingane mellom elevane. Som Postholm (2005) beskriv, kan også grada av deltaking i forskingsprosessen variere. Det fekk eg oppleve når elevar i nokre tilfelle stilte faglege spørsmål til oppgåvene, og gav uttrykk for at dei trong hjelp. I slike situasjonar oppfatta eg det som nødvendig å tre noko fram frå mi perifere deltakerrolle, og heller støtte elevane med undersøkande spørsmål som fekk elevane til å tenkje ytterlegare. Med andre ord var målet mitt også at elevane skulle tenkje og reflektere kring oppgåvene sjølv, og inkludere dette i samarbeid med medeleven.

I følgje Postholm og Jacobsen (2018) vil ein student som har gjennomført praksis på ein skule, i liten grad ha blitt ein del av skulen som ein forskar på. Etter mi oppleving kan praksisdeltakinga mi likevel ha påverka rolla mi under forskinga. Det er rimeleg å anta at elevane følte seg meir komfortable med å spørje om hjelp, eller diskutere med kvarandre i mitt nærvær, då vi gjennom to praksisperiodar hadde fått danna ein relasjon som fleire kan oppfatte som trygg. Med tanke på at intensjonen min var å halde ei tilbakehaldande og ikkje-forstyrrande rolle ovanfor elevane, kunne dette vere ei utfordring. Kjennskapen elevane har til meg kan følgeleg vere årsaka til at særleg eit elevpar tok initiativ til å prate om andre, ikkje-relevante saker til meg undervegs i øktene.

4.4 Analysearbeid

Eg såg også igjennom materialet som var samla inn for å kartleggje om noko i undervisingsopplegget burde justerast eller gjerast annleis i neste økt, også når det kom til oppgåveutdeling og informasjon om rammene kring økta. Etter at alle data var samla inn, vart video- og skjermopptaka sette saman til ei felles fil i programmet iMovie, i offline-modus, før opptaket vidare vart lagra på ein harddisk som berre eg hadde tilgang til. Hensikta med å samle opptaka til ei felles fil var å effektivisere og forbetre transkripsjonsprosessen, og dermed unngå å måtte handtere to ulike filer samstundes.

I prosessen med å transkribere materialet gjennomførte eg først ei grovtranskribering, der eg hovudsakeleg noterte ned nøkkelord i ulike situasjonar som eg fann særleg interessante. I andre omgang gjennomførte eg ein grundigare transkripsjon av heile materialet, der ytterlegare detaljar blei skrivne ned, til dømes nonverbale handlingar som kom fram i opptaket. Det transkriberte materialet som er inkludert i denne studien vart vidare skrive om frå dialekt og munnleg tale til nynorsk. Ved å skrive på standard skriftspråk er det lettare for lesaren å lese og forstå, samstundes som det også fungerer anonymiserande. Munnlege ord som «hmm» og «ahh» har eg heller ikkje fjerna, då eg meiner at slike ordlydar kan ha ei tyding for heilskapen på kva eleven seier og korleis dei stiller seg til oppgåva. Desse drøftingane heng tett saman med avsnitt 4.6 som tek føre seg etiske omsyn, og vil bli nemnde også der.

4.4.1 Avgrensingar i analysen sitt utval

Eg har valt å nytte Sfard (2007, 2008) sin teori om kommognisjon som analytisk rammeverk i denne studien. Med fokus på kollektive læringsprosessar var det nærliggjande å studere situasjonar der elevane vart utfordra, kommuniserte med kvarandre og nytta tid på å løyse oppgåver. Ved å studere transkripsjonar frå datainnsamlinga, opplevde eg at delar av arbeidet til fleire av elevpara ikkje var relevant for analysen min med det kommognitive rammeverket. Til dømes handla eit av elevpara sitt samarbeid om å byte på å løyse oppgåvene individuelt, og følgeleg kommuniserte dei i liten grad kring spelet. Sjølv om eg undervegs i øktene oppfordra elevparet om å samarbeide og kommunisere med kvarandre og fokusere på Numetry, vart elevane stadig distraherte av kvarandre sitt tull. Arbeidet til dette elevparet er difor ikkje tatt med i analysen. Det same gjeld for ytterlegare tre elevpar som i stor grad var einige med kvarandre, som kommuniserte lite og brukte ein del av tida på andre ting enn å løyse oppgåvene.

Eit av elevpara, med dei fiktive namna Gunnar og Jakob, kommuniserte med kvarandre gjennom begge øktene, og hadde fleire interessante matematikkfaglege samtalar. I analysedelen blir difor Gunnar og Jakob følgt gjennom to større dømer der dei løyser fleire oppgåver frå same delspel (Rocket Payload). Å forhalde seg til same oppgåve i ein større del av analysen gjorde det mogeleg å gå meir i djupna og få innsikt i elevane sine utsegn i ein lengre periode. Følgeleg fekk eg også høve til å samanlikne situasjonane med kvarandre. Slik førte to lengre situasjonar til at eg i større grad kunne identifisere ei eventuell diskursiv endring i kommunikasjonen mellom dei. Sfard (2007) ser på diskursiv endring som sentralt for å seie noko om læringa i matematikkfaget, men også om elevane sin matematikkfaglege samtale. Det er sentralt å leggje til at ein av elevane i intervjuet nemnte Rocket Payload som ei vanskeleg oppgåve (sjå vedlegg 5, utdrag 5). Som nemnt tidlegare var det nærliggjande å velje situasjonar der elevane vart utfordra, for å belyse problemstillinga mi. I lys av at elevane synest at Rocket Payload var utfordrande, var det naturleg å fokusere på denne.

Det resterande elevparet, Sander og Maja (fiktive namn), er også i likskap med dei fleste av dei andre elevpara, einige med kvarandre og har færre samtalar der dei nyttar tid på å løyse oppgåvene i lag. Det er likevel nokre situasjonar som har vore relevante og naturlege å supplementære med. Dette har gitt eit breiare bilete i analysekapittelet og styrka grunnlaget mitt for å belyse problemstillinga i studien.

4.4.2 Kommognisjon som analytisk rammeverk

I Sfard (2007) sin teori om kommognisjon, som utgjer det analytiske rammeverket i denne studien, er fokuset på dei diskursive handlingane mellom elevane. Som nemnt tidlegare meiner Sfard at ved å identifisere endringar, mønster og utvidingar i elevane sine diskursar, kan læring altså observerast. Det må likevel poengterast at eg ikkje kjente elevane godt nok til å vite mykje om diskursane deira, anna enn det som kjem fram i datamaterialet. Med omsyn til det og det korte tidsrommet som forskinga mi har pågått i, har eg ikkje tilstrekkeleg med grunnlag for å slå fast slike endringar i elevane sine diskursar som Sfard (2008) er oppteken av. I analysekapittelet har eg likevel peika på nokre situasjonar som kan vise tendensar til at det har oppstått nokre endringar i elevane sine diskursar medan dei spelte Numetry. Dette har særleg kome til uttrykk i situasjonar der det er ein forskjell på korleis elevane etablerer og godkjenner narrativ gjennom øktene, eller der elevane etter kvart har etablert rutinar for korleis ein skal løyse spelet effektivt. Dette må likevel sjåast i lys av at Sfard (2008) hevdar at det ikkje er mogeleg å identifisere rutinar ut frå ein enkelt episode, då dette er handlingsmønster som blir gjentekne i bestemte situasjonar. Denne studien har likevel gitt informasjon om korleis dei deltek i samtale om oppgåver i Numetry. Dette kan vidare seie noko om korleis bruk av det digitale læremiddelet kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Det betyr likevel ikkje at resultata i studien er representative for elevane si deltaking i andre eller framtidige situasjonar. Funna kan heller ikkje seie noko om korleis andre elevar enn studien sitt utval ville handla.

4.5 Forskingskvalitet

I følgje Tjora (2021) er det tre kriterier som er vanlege å bruke når det gjeld kvalitet på forsking: *gyldigheit* (validitet), *pålitelegheit* (reliabilitet) og *generaliserbarheit*. Når vi snakkar om gyldigheit i forsking, tenkjer vi på kor vidt funna vi kjem fram til i forskinga faktisk er svar på problemstillinga som er stilt. I studien min har det difor vore sentralt å nytte ein metode som er med på å belyse korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Ut i frå problemstillinga mi har det vore klart at metoden må ta føre seg eit elevperspektiv, og at det følgeleg er avgjerande å undersøkje elevar som spelar Numetry. I lys av Sfard (2007, 2008) sitt teoretiske rammeverk om kommognisjon, vil ei analyse ut i frå dette vere med på å kartleggje elevpara sine kollektive læringsprosessar. Som eg har argumentert for tidlegare, heng slike læringsprosessar også saman med elevane sine matematikkfaglege samtalar. For å få innsikt i desse har difor metoden teke føre seg to og to elevar medan dei spelar Numetry. Det vart også på førehand vald ut oppgåver i matematikkspelet, samt laga eit supplerande oppgåveark (sjå vedlegg 1) som stilte oppfølgingsspørsmål til dei utvalde oppgåvene i spelet. Målet var å fokusere på oppgåver som etter mine vurderingar har potensial for diskusjon og samhandling der dei supplerande oppgåvene kan vere verktøy for å skape ytterlegare kommunikasjon kring spelet. Desse vala vart gjorde i planleggingsfasen for at studien si gyldigheit skulle bli styrka.

Det kan likevel diskuterast kor vidt mi subjektive haldning har kome til uttrykk i utforminga av oppgåvearket. Det kan vere ein risiko for at oppgåvene mine rettar fokuset vekk frå Numetry og deira målsettingar, og at dei dermed ikkje blir eit verktøy for å kartleggje Numetry sitt potensial, men heller eit eige undervisingsopplegg. Dette kan særleg sjåast i lys av Befring (2015), som hevdar at forventingar og forståingar kan påverke måten vi oppfattar ting på, og slik kan redusere data si gyldigheit. Til dømes er utvalet av oppgåver som er plukka ut til undervisingsøktene basert på kva eg tenkjer har potensial for å skape diskusjonar og samarbeid. Dette er eg avhengig av for å få innsikt i elevane sin diskurs, og vidare for å analysere den opp mot kommognisjon som analytisk rammeverk. Kva teori som er nytta og korleis den blir tolka og brukt er også ein sentral faktor som kan påverke gyldigheita. Ved å vere open og ærleg om dette og om kva val som er tekne, kan lesaren sjølv vere med å vurdere studien si gyldigheit.

Ein studie si pålitelegheit dreiar seg om å gje lesaren eit så godt innblikk i forskinga at dei kan danne seg eit bilete av forskinga sin kvalitet. Med andre ord handlar det om forhold og faktorar som kan påverke resultata i studien (Tjora, 2021). At andre forskarar skal kunne gjenta studien på eit anna tidspunkt og få tilsvarande resultat, blir i følgje Postholm og Jacobsen (2018) sett på som ein ideell test for studien si pålitelegheit. I denne studien, der forskingsdesignet er kvalitativt, blir det likevel argumentert med at det vil vere vanskeleg å replikere studien fordi møtet mellom forskaren, forskingsfeltet og menneska som deltek i studien vil arte seg forskjellig. Dette skuldast gjerne at forskarar tek med seg sin subjektive, individuelle teori inn i forskinga, og at alle menneske utviklar seg heile tida, både som forskarar og forskingsdeltakarar (Postholm & Jacobsen, 2018; Tjora, 2021). Det underbyggjer at det er nødvendig å presentere studien på ein transparent og open måte. Korleis studien er gjennomført og vala som er tekne om datainnsamling er gjort greie for i tidlegare kapittel.

Som forskar er relasjonen min til forskingsdeltakarane sentral i ein diskusjon om studien si pålitelegheit. Det kan tenkjast at relasjonen kan påverke resultatet til studien. I løpet av to praksisperiodar, kvar på tre veker, meiner eg at eg har fått ein god relasjon til mange av elevane, også til fleire av dei som deltok i forskingsprosjektet. Eg oppfatta at fleire var opptekne av å prate med meg, og utrykte glede når eg skulle ha undervisingstimane. Eit kjent fenomen i intervjuobservasjonar er at mennesker tilpassar det dei seier til det dei trur at intervjuaren ønskjer å høyre (Hox, 1994; West & Blom, 2017). Det er ikkje usannsynleg at det har oppstått også i dette tilfellet, særleg som følgje av relasjonen min til elevane. Sett frå ei anna side kan det også vere ein positiv faktor i forskinga at elevane hadde kjennskap til meg frå før. I følgje Befring (2015) vil det vere ønskjeleg med ein innleiande *vere-til-stade-periode* for å styrke verdien av deltakande observasjon. Dette vil føre til at observatøren gradvis blir akseptert som ein del av konteksten, og i mindre grad verkar forstyrrande. På bakgrunn av relasjonen min til elevane, der eg har vore til stades og undervist i klassemiljøet i praksisperiodane, kan det tenkjast at dei i større grad aksepterte meg som observatør i konteksten. I følgje Postholm og Jacobsen (2018) vil det likevel vere umogeleg å kontrollere slike relasjonsforhold, men med mi openheit om relasjonen til elevane kan lesaren sjølv reflektere over om den kan ha påverka forskingsresultatet.

Når det kjem til arbeidet med datamaterialet, meiner eg at bruk av lyd-, video- og skjermopptak har bidrege til å styrke kvaliteten på transkripsjonen. Dette er i tråd med Befring (2015) og Sfard (2008) som seier at dette er ein god metode å skaffe reliable og valide forskingsdata på. Det gav meg til dømes høve til å observere datamaterialet så mange gongar som eg ville, samstundes som eg lettare kunne ta med elevane sine nonverbale-handlingar i transkripsjonen. I dette arbeidet har det vore viktig å presentere forskingsdeltakarane sine munnlege utsegn på ein realistisk og objektiv måte. Ei utfordring oppstod likevel under transkribering av datamaterialet. I nokre tilfelle peika elevane på objekta og elementa med fingrane, for å forklare og vise til medeleven. Ettersom elevane vart filma i front, var det vanskeleg å sjå kva elevane peikte på i skjermen når dei ikkje nytta datamusa. I slike situasjonar måtte eg tolke ut frå handlingane og utsegnene deira om kva dei viste til. Stor sett var det likevel innlysande kva elevane refererte til her. Det er uansett nødvendig å vere open om dei utfordringane som oppstod i forskinga for å styrke studien sin pålitelegheit.

Når det kjem til observasjon som metode, meiner Postholm og Jacobsen (2018) at forskaren sin subjektivitet og meiningar vil vere til stades i ein kvalitativ observasjon. Vidare hevder dei at observasjon brukt saman med intervju utfyller kvarandre som datainnsamlingsstrategiar i kvalitativ forsking, der kunnskap og forståing kan konstruerast mellom forskar og deltakarane. Ei slik metodetriangulering som er nytta i denne studien kan tenkjast å styrke studien sin pålitelegheit.

Til slutt er det sentralt å nemne at denne studien har teke føre seg eit lite utval av elevar. I lys av dette er det sannsynleg at liknande studiar kan få eit annleis resultat enn det som kjem fram i denne studien, og at funna dermed har liten overføringsverdi til andre elevar. Ved å belyse ulike sider på korleis Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar, kan andre lærarar likevel vurdere kor vidt funna er nyttig i undervisingar som nyttar Numetry eller andre digitale matematikkspel med liknande funksjonar.

4.6 Etiske omsyn

I arbeidet med planlegging, gjennomføring og behandling av innsamla data er det tekne fleire etiske omsyn. Med tanke på at bruken av lyd- og videoopptak av elevane ville vere personifiserande, var det behov for å sende inn søknad til Norsk senter for forskningsdata (NSD). Dette var nødvendig for å få godkjent og sikre at den planlagde datainnsamlinga var i tråd med personvernlova. Sidan denne studien er ein del av LATACME, vart søknaden sendt gjennom dette forskingsprosjektet og godkjend før eg gjekk i gang med datainnsamlinga. Med omsyn til at elevane var under 15 år, var det ikkje tilstrekkeleg med berre deira samtykke, men også nødvendig med samtykke frå føresette for elevane si deltaking i prosjektet (Befring, 2015). Eg gav også munnlege forklaringar til elevane om korleis – og når datainnsamlinga skulle finne stad, og trygga dei med at dei kunne stille spørsmål om det var noko dei lurte på. Det vart også poengtert fleire gonger at deltakinga deira ville bli anonymisert, og at det var høve til å trekke seg når som helst viss dei ønskte det. Eit anna etisk omsyn som er gjort var å hindre at opplegget skulle gå ut over elevane sitt læringsutbytte i den ordinære undervisinga. For å unngå det, vart øktene hovudsakleg lagt i matematikk- og engelskøktene etter praksislæraren sitt ønskje.

Etter kvar økt som var gjennomført i datainnsamlingsperioden, vart video- og skjermopptak lagra og overført på ein sikker ekstern minnepenn som vart oppbevart på ein trygg stad utan tilgang for andre. Etter at opptaka vart overført, vart opptaka sletta. Ved transkripsjon av datamaterialet vart det også brukt fiktive namn for å hindre personifisering av deltakarane. I transkripsjonsprosessen har det også vore sentralt å framstille elevane på ein objektiv måte. Difor er elevane sine utsegn transkribert ordrett, men skrivne om til standard skriftspråk for å gjere det lettare å lese.

5.0 Analyse

I dette kapittelet vil eg analysere nokre utdrag frå datamaterialet opp mot kommognisjon som teoretisk rammeverk.

I samtaletaleutdrag er det nytta ulike symbol for at non-verbale uttrykk som kom fram på videoopptaket skal vere synlege for lesaren, og følgeleg gjere utdraget lettare å lese:

( ) Forklaringar av elevane sine handlingar

[…] Noko av samtalen er kutta vekk

… Tenkepause i 1–5 sekund

.. Når elev blir avbroten og ikkje får fullført setninga

5.1 Hovudrekning og problemløysingsstrategiar i Rocket Payload

I situasjonen som vert presentert her løyser elevane ei oppgåve i delspelet Rocket Payload, der dei skal finne to tal som saman med 22 gir 96 i den eine dronen, og to tal som saman med 4 gir 31 i den andre. Oppgåva er frå modus 2, det vil seie det mest utfordrande nivået i Numetry. Før denne situasjonen utspelte seg, hadde dei allereie løyst fleire av oppgåvene i Rocket Payload og hadde difor begynt å bli kjende med funksjonane og reglane i spelet.

Figur 9. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

Jakob	31! Og tre denne gongen ... (Peikar på at dronane skal bli lasta med tre vekteiningar kvar.) Og 96! 96 minus 22 ...
Gunnar	74 …? Trur eg det blir …
Jakob	Ja! Så vi manglar 74. Det kan vi gjere med den? (Peikar på 89.)
Gunnar	Ja, men vi er nøydde til å ha noko frå begge. (Dronen treng både ei blå og raud vekteining.)

Jakob Men akkurat det same som vi gjorde i stad? 73 og 1?

Gunnar Vi har ein 12, så 74 pluss 12, vent nei..

Jakob Vi tar 73 og 1!

Gunnar 74 minus 12 ... Det blir ... 62! Og då kan vi få den til 62 (Peikar på raud 89 og deler den til 62 og 27.)

Jakob Sånn! Og så 27 der! (Peikar på 31-drona, og drar bort 14 og 27, men får feil.)

Figur 10. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

Gunnar Hæ? I hulaste? Kva er det som er feil her?

Jakob 96 minus ehh..

Gunnar Det er noko som er nøydd å bli igjen! Her, vi har ein 27 og ein 14 ...

Jakob Kan ikkje vi berre gjere 1 i rest?

Gunnar Det går ikkje!

Jakob Jo, 13 og 1! Og så 1 i rest!

Gunnar Men no er jo det her 27 og 4! Det blir 31!

Jakob Då er det 14 i rest.

Gunnar Vi er nøydde å få den delt opp, men vi kan ikkje dele opp noko som allereie er delt opp. (Prøver å dra 27 bort til splittarmaskina, men den er allereie delt opp.) Så då må vi dele den og den opp, fordi den må vi dele opp til 63. (Peikar på 62 og 27 og vil slå desse saman igjen slik at dei kan dele den til 63.) Og vi er nøydde til å dele desse saman ... (Peikar framleis på 62 og 27.)

Jakob Ok, vi tar berre alt av igjen ...

Gunnar Ja ... Og så er vi nøydde til å dele den her så vi har ein 1-ar. (Drar 12 bort og splittar den til 11 og til 1.) Sånn! (Splittar deretter 89 til 63 og 26.)

Jakob Sånn, då har vi..

Gunnar Nei, den skal der. (Drar 63 bort til 96 og 26 bort til 31.) Blir det rett, det er det som er spørsmålet!

Jakob Det er i alle fall framleis 14 i rest. Det var det vi hadde i stad også.

Gunnar Ja, men no har vi noko på alt!

Jakob Ja, og vi har 14 ...? Prøv då!

J og G i kor Ja! (Får riktig svar.)

[…]

Figur 11. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

I utdraget plasserer elevane i første omgang riktige tal på vekteiningar på dronen med maksvekt på 96 kilo. På dronen med 31 kilo i maksvekt blir det derimot plassert for mykje vekt, og elevane får dermed feil svar i oppgåva. Dette kan skuldast at dei tidlegare har rekna oppgåver der dei skulle nytte alle vektene på samlebandet. I desse tilfella erfarte dei at viss det vart riktig vekt på den eine dronen, så vart også den andre dronen automatisk korrekt. Når elevane ser at løysinga er feil på den andre dronen, forstår dei at ikkje alle vekteiningane skal nyttast i spelet. Dei gjer dermed eit nytt forsøk der dei gjer minst mogeleg justeringar av det første svaret. Dei justerer 27 ned til 26 og gir plass til ei vekt på 1 kilo på dronen med maksvekt på 31 kilo. Dette ordnar dei ved å dele opp 12 til 11 og 1 i splittarmaskina. Då veit dei samstundes at det å redusere vekta på 12 til 11 og vekta på 62 til 63, framleis vil gje rett svar på dronen med 96 kilo maksvekt. Dermed treng dei berre å justere splittinga av vekta på 89 med 1, altså frå 62 og 27 kilo til 63 og 26 kilo.

Dette delspelet er ei oppgåve i aritmetikk der reknestykka skal oppfylle nokre bestemte matematiske vilkår, og der det finst ulike strategiar for å kome fram til løysingane. Vilkåra er eit resultat av spelet sitt design og spelereglar, som vidare gir føringar for dei narrativa som elevane kan konstruere og godkjenne i spelet. Ut i frå situasjonen over kan ein sjå at elevane har funne nokre av strategiane for korleis ein kan tenkje i slike oppgåver, som vidare utgjer ein del av elevane si prosedyre i oppgåveløysinga. Ein av strategiane som kjem til syne handlar om å først finne ut kor mykje vekt som må plasserast i dronane for at dei skal lette. Det finn dei ut ved å sjå på maksvekta som står opplyst i dronane, og deretter subtrahere dette med den allereie plasserte vekta som er symbolisert i grå farge. På dronen med maksvekt på 96 kilo kjem dei altså fram til at dei treng ytterlegare 74 kilo for at dronen skal lette.

Elevane sine gjentekne utspel om å rekne ut kor mykje vekt som manglar i kvar drone, kjem også fram i tidlegare (sjå vedlegg 4, utdrag 1 og 2) og i seinare situasjonar (ein av dei blir beskriven under). I likskap med den første situasjonen har elevane også tidlegare starta med å finne ut kor mykje vekt dei har behov for i dei ulike dronane. Med omsyn til at ein slik strategi har eit betydeleg fokus hjå elevane, og vert brukt på fleire av oppgåvene, kan det sjåast i samanheng med det Sfard (2007, 2008) beskriv som rutinar innanfor kommognisjonsteorien. Prosedyren innanfor rutinen, der dei finn kva som manglar, kan også sjåast på som ein påstand om at dronen manglar 74 kilo, fordi 96 – 22 = 74. Ein slik påstand kan reknast som eit lite narrativ på objektnivå, og blir konstruert på bakgrunn av at det er ein speleregel som tilseier at dronane må fyllast med maksvekt for at dei skal kunne lette. Narrativet blir vidare godkjent av Jakob og blir uttrykt ved at han gjentar og stadfestar Gunnar sitt utsegn. Prosedyren for vidare oppgåveløysing er gitt ved dette narrativet, der elevane skal addere ei blå og ei raud vekt som i sum skal utgjere gjenståande vekt i dronane.

Etter at elevane har rekna ut kor mykje vekt kvar drone har behov for, nyttar dei ein strategi der dei lastar *ei* av dronane med maksvekt. Denne metoden fører til at vektene som er att på samlebandet , og som ikkje let seg splitte ein andre gong, ikkje passar til dronen som treng 31 kilo last. Elevane oppfattar det truleg som ein speleregel at alle vektene på samlebandet skal nyttast, noko som dannar vilkår for kva narrativ dei trur vert godkjent. Jakob og Gunnar har altså berre godkjent narrativ når alle vekteiningane på samlebandet var nytta. Ein slik prosedyre kan også tenkjast å ha blitt opplevd som rutine for elevane. Denne prosedyren har vidare skapt problem for dei når dei i denne oppgåva for første gong måtte løyse ei oppgåve der nokre av vektene måtte stå att på samlebandet. Det er altså nokre endra bruksvilkår i oppgåva som er i konflikt med prosedyren dei har hatt tidlegare.

Elevane ser raskt at vektene som er plassert i dronen med maksvekt på 31 kilo har 14 kilo for mykje, noko særleg Jakob legg merke til. Dette heng saman med ordbruken han nyttar seg av i arbeidet med å finne ei anna løysing. Her brukar han stadig vendingar som inkluderer ordet «rest»: «gjere 1 i rest», «og så 1 i rest», «då er det 14 i rest» og «framleis 14 i rest». Ordet «rest» kan altså sjåast på som eit nøkkelord i oppgåveløysinga deira. I følgje Sfard (2008) vil ikkje gjerning-rutinar ha noko aktiv bruk av nøkkelord, og slik talar det i mot at Jakob sine vendingar er av denne type rutine. Ordbruken kan derimot sjåast opp mot rituelle rutinar, der frasedreven bruk av nøkkelord er et kjenneteikn. Det kan forklarast ved teikn som tyder på at Jakob nyttar ordet «rest» som ein slags «drivar» eller eit utgangspunkt for å forstå det som skjer i oppgåva på ein djupare måte. Ordbruken kan vidare gje innsikt i Jakob sin matematiske tankegang. Ordvalet «rest» ser ut til å bety mellom anna ei vekt som han rekna som til overs når dei snakkar om at dei har 14 kilo for mykje i last. I andre tilfelle nyttar han ordet i forslag med å få «1 i rest» ved å splitte ei vekt slik at 1 kilo vekt blir skilt ut frå den opphavelege vekta. I lys av Sfard (2007, 2008) kan det tenkjast at Jakob nyttar ein anna diskurs enn Gunnar ved å stadig bruke ordet «rest» i sine narrativ. Gunnar på si side nyttar ikkje dette ordet og det kan dermed heller ikkje gje indikasjonar på kva type rutine han nyttar. Samstundes viser begge at dei er opptekne av å finne to vekteiningar som skal plasserast slik at maksvekta på dronane blir oppfylt. Slik tyder det på at dei har ei felles forståing av oppgåva sine vilkår. Det kan dermed illustrere at elevane både kan ha felles diskursar og ulike diskursar når dei diskuterer oppgåver innanfor same tema.

Ulik ordbruk hjå elevar kan vere teikn på ei kommognitiv konflikt, men treng ikkje nødvendigvis å vere det. Sjølv om elevane har ulike måtar å tilnærma seg oppgåva på, der Jakob ser på «rest» som ein viktig del av oppgåveløysinga, medan Gunnar ikkje er oppteken av det, verkar ikkje det som at det oppstår ein motstridande situasjon mellom elevane. Dette kjem særleg til uttrykk i situasjonen etter at Jakob og Gunnar ser at dronen med maksvekt på 31 kilo er lasta med for mykje vekt. Då forsøker Jakob å konstruere eit nytt narrativ på metanivå, der han føreslo «å gjere 1 i rest». Her kjem Jakob med forslag om å splitte opp vekt slik at den eine fargen utgjer 1, samstundes som han peikar på vekteininga på 14 kilo med blå farge. Med andre ord føreslo han å nytte splittarmaskina til å dele opp 14 kilo i 13 og 1 kilo. Gunnar avviser derimot Jakob sitt narrativ fordi det ikkje vil hjelpe å gjere noko med vekteininga på 14 kilo sidan 27 og 4, som er plassert i dronen, allereie blir 31. Dette viser at sjølv om Gunnar avviser Jakob sitt narrativ verkar det som at han forstår Jakob si tilnærming og språk. Narrativet blir altså avvist på grunnlag av at det ikkje vil vere til hjelp for løysinga å gjere det slik Jakob føreslo, heller enn at det blir avvist som følgje av at han er usamd i Jakob si forståing og bruk av omgrepet «rest». Den ulike ordbruken mellom Jakob og Gunnar kan difor ikkje seiast å vera ei kommognitiv konflikt, men den gir rom for å utforske fleire matematiske omgrep.

Tidlegare i utdraget kjem Jakob med liknande narrativ på metanivå der han føreslo korleis vektene kan kombinerast i dronane, men også i dette tilfellet avviser Gunnar narrativet til Jakob. Dette kan sjåast i lys av det Sfard (2007, 2008) beskriv som metareglar i matematikkdiskursar. Gunnar si rolle i kommunikasjonen kan oppfattast som ein «ekspertise» der han i fleire tilfelle enten godkjenner eller avviser Jakob sine narrativ. Jakob framstår spørjande når han presenterer nye narrativ på ein slik måte at han forventar ei stadfesting eller avvising hjå Gunnar på kor vidt dei er fornuftige eller ei. På same måte kjem også Gunnar med fleire narrativ som Jakob godkjenner og som han er villig til å undersøkje nærmare. Metareglane i diskursen tillèt altså begge partar å snakke, men det synest å vere ei skeivfordeling der Jakob på den eine sida kjem med narrativ og Gunnar godkjenner eller avviser desse. På den andre sida godkjenner Jakob som oftast Gunnar sine narrativ. Skeivfordelinga der det verkar som at Jakob har stor tiltru til Gunnar står fram som eit mønster i samarbeidet deira. Difor er det nærliggjande å sjå deira kommunikasjon i samanheng med det Sfard (2007) beskriv som ei rituell rutine. Samstundes er det viktig å leggje til at det verkar for at Gunnar lyttar til Jakob og tek stilling til innspela hans. Det kan også tenkjast at Jakob si rolle er viktig for Gunnar si tenking ettersom det kan vere verdifullt at andre kjem med idear og er kreative.

Når Jakob seier «ok, vi tar berre alt av igjen», er det eit tydeleg forslag om å byrje på nytt. Denne ytringa signaliserer også at Jakob har agens og at han er med og styrer kva dei skal gjere og når dei skal gjere det. Dette viser at Jakob ikkje berre let Gunnar bestemme, slik som eg har peika på tendensar til i tidlegare avsnitt. Elevane må vidare leggje ein ny plan på korleis dei kan nytte vektene slik at begge dronane blir fylt med både blå og raude vekter, i tråd med spelereglane. Her må dei i større grad nytte strategiar som tek omsyn til begge dronane samstundes. Når elevane startar på nytt, tek Gunnar utgangspunkt i Jakob sitt narrativ på metanivå som blei fremja tidlegare i situasjonen. Han seier at dei er «nøydde til å dele den her så vi har ein 1-ar». Her refererer Gunnar til at 12 må splittast i 11 og 1, slik at dei har ei vekt på 1 kilo som dei kan plassere saman med ei raud vekt på 26 kilo. På same tid som Gunnar kjem med narrativet til korleis oppgåva kan løysast, altså prosedyren i oppgåva, dreg han 12 kilo bort til splittarmaskina, og delar den opp i 11 og 1. Vidare splittar Gunnar 89 til 63 og 26, og drar 26 under dronen med maksvekt 31 og 63 til den andre dronen.

Når alle vektene er plasserte, verkar elevane litt usikre på om svaret er rett. Jakob legg merke til at ei vekt på 14 kilo står att på samlebandet når han seier: «Det er framleis 14 i rest, det var det vi hadde i stad også». Sitatet viser at han evna å sjå ein samanheng mellom situasjonen der dei fekk feil svar med 14 kilo for mykje i dronen, og at det dermed kan vere eit argument for at svaret denne gongen er riktig. Dette forsterkar biletet av at når dei forsøker å løyse oppgåva på nytt, er det tydeleg basert på justeringar gjort frå det første forsøket. Følgeleg kan dette sjåast i samanheng med Hana (2014) sin teori om gjentekne tilnærmingar. Situasjonen blir avslutta ved at Jakob oppfordrar Gunnar til å svare på oppgåva, og elevane verkar glade for at dei har klart å løyse den.

Det neste utdraget er også henta frå økta med Jakob og Gunnar. Situasjonen utspelte seg rett etter utdraget som er beskrive først i dette kapittelet og varte i kring fire minutt. Elevane arbeider med same type delspel som over, men oppgåvene inneheld ulike tal og har slik ført til ulike situasjonar mellom elevane. På samlebandet er det allereie plassert tre vekteiningar som elevane må nytte splittarmaskina for å dele opp, og deretter planlegge korleis vekteiningane skal fordelast på dronane for å nå maksvekta på 84 og 44 kilo.

Figur 12. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

Jakob Her er det ... 62? (Peikar på at det manglar 62 kilo i dronen med maksvekt på 84 kilo.)
Gunnar Kjennes ut som det var «lærartyggis» under hintlappen.
Jakob Så her treng vi 62?
Gunnar Ja! Og her er det 41! (Peikar på dronen med maksvekt 44 kilo.)
Jakob 62, då kan vi jo gjere ... Den der om til 60? (Peikar på 80.)
Gunnar Men viss vi manglar 62..
Jakob Ja, då har vi 60 pluss to!
Gunnar Ok, vi prøver!

(Slepp spaken for tideleg slik at 80 blir splitta til 51 og 29, og ikkje 60 og 20 slik som Jakob hadde planlagt.)

Figur 13. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

Jakob Nei! Ahh! (Verkar irritert over at han ikkje fekk ut dei tala frå splittarmaskina som han hadde planlagt.)
Gunnar Det funkar det også! Vi mangla 62. No manglar vi 11. (Har dratt 51 under 84-dronen.)
Jakob Ja! Så då må vi gjere den om til 11 då? (Peikar på 29.)
Gunnar Nei, den må vere der! (Drar 29 under 44.)

Figur 14 og 15. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

Jakob Ja, eg meiner denne! (Drar 28 bort i splittarmaskina.)

Gunnar Der har vi 32! (Peikar på 44-drona.) Berre vent litt, her har vi 32, då manglar vi tolv! Viss vi manglar 11 der, må vi gjere dette og dele den til 11. (Dele 23 som står på bandet til 11 og 12.)

Jakob Og så gjer vi den til 12? (Peikar på 23.)

Gunnar Ja!

Jakob Ahh, ja! (Verkar positivt overraska fordi deling av 23 i splittarmaskina med ein gang vart delt til 11 og 12. Det er desse tala dei treng for å fylle opp dronane.)

Gunnar Eg såg det var ein 11 og 12 der!

Jakob Det gjorde ikkje eg! Der hadde vi berre 28 i rest!

Figur 16. Skjermdump frå delspelet Rocket Payload i Numetry.

I likskap med den første situasjonen, viser også denne situasjonen kanskje enno tydlegare at Jakob er avhengig av Gunnar for å underbyggje narrativ. Først spør Jakob om dei manglar 62 kilo for at dronen med 84 kilo i maksvekt skal lette. Gunnar er meir oppteken med oppgåvearket og svarar ikkje på Jakob sitt spørsmål. Det er først etter at Jakob gjentek spørsmålet, og Gunnar bekreftar at dronen manglar 62 kilo for å oppnå maksvekt, at Jakob går vidare i oppgåveløysinga. Den første situasjonen viste at Jakob forventa ei stadfesting eller avvising hjå Gunnar når han prøvde å konstruere nye narrativ, og at det slik vart ein indikator på at det var ei rituell rutine i kommunikasjonen deira. I dette tilfellet var ikkje Gunnar «til stades» for å godkjenne eller avvise narrativa som Jakob kom med. Dette forsterkar inntrykket om Jakob sine vilkår for aksept, der han treng stadfestingar frå Gunnar for at han skal kunne gå vidare i oppgåva.

Med andre ord er Jakob tydleg oppteken av andre sin aksept, noko som er i samsvar med det Sfard (2007) beskriv som ei rituell rutine. Samstundes fremjar teorien om rituelle rutinar at eleven ikkje er oppteken av resultatet i oppgåva, men heller å prestere ovanfor medelevar. Med tanke på at Jakob verka interessert i å finne resultatet i oppgåva og korleis dei skulle kome fram til dette, ser ikkje eg at dette var tilfellet i denne situasjonen. Dette kan grunngjevast med at Jakob verka for å vere ein sentral pådrivar i diskursen for framdrifta i oppgåva og løysing av den. Likevel ville han i større grad vore i stand til å vurdere om narrativa han kom med var tilstrekkeleg eller ikkje om han nytta ei utforskande rutine. Det kan difor argumenterast for at rutinen som Jakob hadde med å få aksept for narrativ som han prøvde å konstruere, er ei gråsone mellom rituelle- og utforskande rutinar.

Denne situasjonen viser at elevane igjen har ulik ordbruk i samtale om oppgåva. Gunnar sin bruk av «manglar» kan vere ein indikator på at elevane har utvida vokabularet sitt, noko Sfard (2007) beskriv som eit uttrykk for ei diskursiv endring i kommunikasjonen mellom dei. Han brukte dette ein gong i den første situasjonen og heile fire gongar i den andre. Den aukande bruken ser ut til å vere ei prosedyre innanfor ei rutine der han ville finne ut kor mykje vekteiningar dei mangla under kvar drone. Dette utførte dei ved å subtrahere vekk vekta som allereie var plassert i dronane frå start, for deretter å fordele vekt ut frå det. Utdraget over viser ein sterkare dreiing mot denne prosedyren i forhold til tidlegare. Ei forklaring på dette kan tenkjast å vere at elevane gjennom første situasjon har erfart at denne prosedyren fungerte bra, og at dei slik har meir sjølvtillit og iver etter å nytte denne rutinen i komande oppgåver.

Til liks med Gunnar verka Jakob også interessert i å finne ut kor mykje vekt kvar drone trong for å nå maksvekta. Til forskjell frå Gunnar brukte Jakob i denne situasjonen aldri ordet «manglar», men i staden at dei til dømes trong 62 kilo under ein av dronane. Han nytta også fleire gonger vendinga «gjer om» medan han peikte på fleire vekteiningar som kunne splittast og saman utgjere dei vekteiningane som Gunnar beskreiv at dei «mangla» under dronane. Det ser altså ut som at prosedyren deira, der dei valde å finne ut kor mykje som mangla i kvar drone, var ei rutine hjå dei begge også i denne situasjonen, men dei nytta ulik ordbruk i samtalen om oppgåva.

Gunnar og Jakob sin ulike ordbruk kan i denne situasjonen tenkjast å vere eit uttrykk for at elevane hadde ulikt fokus eller roller i oppgåveløysinga. Sjølv om det verka som at elevane arbeidde mot det same målet, altså å finne ut kor mange vekteiningar kvar drone trong, hadde Gunnar på si side eit fokus på kva som «mangla» for å oppnå maksvekt. Jakob på den andre sida hadde eit fokus på kva vekteiningar som kunne «gjerast om» i splittarmaskina for å få vekter som kunne passe. Dette kjem særleg til uttrykk når Jakob føreslo eit narrativ på metanivå om å «gjere om» 80 til 60- og 20 kilo, men slapp opp spaken i splittarmaskina tidlegare enn planlagt. Det førte til at Jakob ikkje fekk dei tala frå splittarmaskina som han hadde tenkt (60 og 20), men i staden 51-og 29 kilo. Gunnar responderte ved at dei tala også ville fungere, og påpeikte at dei tidlegare mangla 62 kilo for å oppnå maksvekt, men når dei la til 51 kilo , mangla dei 11kilo. Jakob svarte Gunnar med å føreslo eit narrativ på metanivå om å «gjere den om til elleve». Dette kan indikere at elevane har kvar si rutine *innanfor* rutinen om å finne ut kor mykje vekteiningar kvar drone trong. Den går altså ut på at Gunnar, som nemnt tidlegare fann ut kor mykje som mangla for å oppnå maksvekt, medan Jakob hadde fokus på kor mykje vekteiningane kunne «gjerast om» for å oppnå maksvekta. Slik kan ein seie at elevane sine roller på mange måtar utfylte kvarandre i arbeidet med å nå same mål, sjølv om dei nytta ulik ordbruk innanfor diskursen/rutinen og at begge forstår kva den andre meiner.

I denne situasjonen ser ein klare teikn på at Gunnar ser fleire løysingar i oppgåveløysinga. Dette kjem til uttrykk i Gunnar sin respons til Jakob, som ikkje fekk dei tala frå splittarmaskina som han hadde tenkt. Ved å seie at «Det funkar det også» viste han at det er fleire løysingar i oppgåva, og slik tilpassa seg ved å bruke dei tilgjengelege vektene. Med andre ord såg han at prosedyren deira kunne brukast i andre situasjonar enn det dei hadde tenkt, og at den kunne korrigerast. Samstundes viste han fleksibilitet ved å utføre oppgåva på andre måtar. Dette er indikatorar på at han nytta seg av utforskande rutinar. Kor vidt Jakob såg fleire løysingar eller ikkje er vanskeleg å seie noko om. Sjølv om han verka irritert over at han ikkje fekk dei tala han ønskte frå splittarmaskina, og at det følgeleg kan tolkast som at han ikkje såg fleire løysingar i oppgåva, er det samstundes vanskeleg å vite kor mykje av irritasjonen som berre låg i at han ikkje fekk den splittinga han ville.

5.1.1 Splittarmaskin som visuell mediator

I lys av Sfard (2007) sitt teoretiske rammeverk kan splittarmaskina i delspelet Rocket Payload sjåast på som ein visuell mediator i elevane sin diskurs. For det første er det nærliggjande å hevde at splittarmaskina er ein type representasjonsform som blant anna syner halvering av tal, kva addendar summen av eit tal kan ha og denne sine talvener. Dette kjem fram eksplisitt ved hjelp av pil-funksjonar som elevane kan trykke på for å justere verdien til talet i maskina, og dele dei inn i det ein ønskjer. Til dømes kan 25 delast i 23 og 2, 15 og 10 eller 6 og 19. For det andre var splittarmaskina, slik det kjem fram i dømet i avsnitt 5.1, ein sentral del av elevane sine handlingar og utsegn ved bruk av spelet. I fleire situasjonar brukte elevane splittarmaskina aktivt i diskursen sin for å løyse oppgåva, og den framkalla fleire ord og vendingar av matematikkfagleg karakter, særleg divisjon. Dette kjem til uttrykk der elevane fleire gongar kom med utsegn som at «vi er nøydd til å dele den her», «få den til 62» og «gjere den om» etterfulgt av at dei drog vekteiningar til splittarmaskina. I lys av Sfard si beskriving av visuelle mediatorar innanfor diskursar, kan splittarmaskina sjåast som ein del av kommunikasjonshandlinga og følgeleg også tankeprosessane til elevane. Samstundes kan spittarmaskina reknast som eit hjelpemiddel som elevane i fleire oppgåver var avhengig av å nytte for å kunne plassere rette vekteiningar under dronane. Til dømes var det to andre elevar, Maja og Sander (fiktive namn), som ikkje klar over at dei kunne nytte splittarmaskina i starten av oppgåveløysinga, og dei sat difor fast i oppgåva. Etter at dei vart merksam på denne funksjonen, klarte dei å løyse oppgåva (sjå vedlegg 4, utdrag 3).

5.2 Algebraisk tenking i Door Decryptor

I Door Decryptor-spelet skal elevane sjå samanhengar mellom ulike teikn i fire likningssett og identifisere verdien for kvar av dei for å løyse dørkoden. Med andre ord er algebraisk tenking sentralt i denne oppgåva. I utdraget under løyser Maja og Sander ei oppgåve i modus 1, det mellomste nivået i vanskegrad og varar om lag fem minutt. Elevane hadde løyst fleire oppgåver tidlegare i Door Decryptor før denne situasjonen, og dei synte ganske fort at dei var blitt kjente med korleis dette spelet fungerer. Som følgje av dette kan ein seie at elevane si oppgåveløysing, der dei var klar over at dei skulle finne ein verdi for kvart av symbola i kvar av oppgåvene i Door Decryptor, kunne reknast som ei rutine for diskursen deira. Dette legg vidare grunnlaget for korleis utdraget blir analysert, der særleg omgrep innanfor rutine-omgrepet blir brukt.

Figur 17. Skjermdump frå delspelet Door Decryptor i Numetry.

Maja Ahh! Det er ingen av desse som er same? (Peikar på symbola i oppgåva. Begge ser på kvarandre og ser fortvila ut.)

Sander Kva er dette?

Maja Vi hadde ei sånn matteoppgåve, men då stod svaret nede og då var det lettare.

Sander No er det også minus, før var det berre pluss? Men skulesystemet har feila oss. Viss dette er 5 då. Og denne må vere meir enn den! (Ser på det andre reknestykket.) Så 40. Viss dette er 12 då. Nei ... Då må det vere 5. Då går alt i dass.

Maja Skal vi berre gjette?

Sander Det går ikkje, no er det ... Ok, vi må gjere det same som på skulen. Dette pluss dette, minus dette. Viss dette er 45 og dette er 5 (45 er kryss-symbolet og 5 er u). 45 pluss 45 minus 5. Nei, det går ikkje!

Maja 50 minus. 50 pluss 5 minus 5. Nei 55! Nei ...

Sander Viss dette er 50, nei ...

Maja 50 pluss 5 minus 5!

Sander Ja, men det verkar ikkje her? For då blir det 50 pluss 50 minus fem er 92? Viss det er 47 då ...

57! Under der er 14, nei, eg er dum! 50 og så 8 ... (Ristar på hovudet.)

Maja Jo, 50 pluss 50 er hundre. Minus 8?

Sander Ja, men sjå! Då blir det 50 pluss 8 minus 8 ... (Gapar og ser overraska ut.) Du hadde rett!

Sander Kva var det du sa?

Maja 50 pluss 50, minus 8, og 50 pluss 8 minus 8. Og 50 pluss 8 minus ...

Sander 50 pluss 8, då er det 3.

Maja 50 pluss 3 minus 8!

Sander 50 pluss 3 minus 8 er 45 (Tastar inn dette og får riktig svar. Sander tar henda på hovudet.) Du er så smart, eg veit ikkje korleis eg gjer det!

Maja Trudde aldri vi kom til å klare denne! (Smiler lurt.)

I første del av situasjonen kan ein sjå at elevane samanlikna oppgåva med tidlegare oppgåver, der dei peika på fleire trekk som gjorde at oppgåva såg annleis ut i forhold til dei føregåande oppgåvene i Door Decryptor. Gjennom denne prosessen kan det tolkast som at dei forsøkte å finne ut kva bruksvilkår som låg til grunn i dei tidlegare oppgåvene som gjorde at metodane i dette tilfellet ikkje kunne nyttast. Dette kjem blant anna til uttrykk gjennom Maja sitt utsegn medan ho peika på symbola i oppgåva: «Det er ingen av desse som er same». Her refererte ho til at dei tidlegare oppgåvene vanlegvis hadde tre like symbol i eit av reknestykka. Det gjorde at ein del av prosedyren deira var å dividere summen av reknestykket på tre for å finne verdien av dette symbolet. Ein slik strategi var derimot berre mogeleg å nytte når reknestykket hadde addisjon som einaste rekneart. Slik som Sander no la merke til, hadde reknestykka i denne oppgåva også subtraksjon som rekneart, i tillegg til addisjon. Bruksvilkåra i oppgåva var dermed endra slik at denne strategien ikkje lenger fungerte. Prosessen der dei forsøkte å sjå kva kontekst denne oppgåva hadde, og slik skilje den frå tidlegare oppgåver kan tolkast som eit forsøk på å forstå kva bruksvilkår som låg til grunn i oppgåva. Dette la vidare føringar for kva prosedyre dei valde å nytte i oppgåveløysinga.

I utdraget er det teikn som tyder på at elevane visste kva prosedyrar, altså kva korleis-rutinar dei skulle nytte for å løyse oppgåva. Utan at dei hadde ein plan på dette, gjekk dei i gong med å prøve å løyse oppgåva. Sander starta med å seie nokre tal, men gav seg fort når han såg at tala ikkje passa inn i reknestykka. Maja kom deretter med eit forslag på kva prosedyre dei kunne nytte ved å spørje: «Skal vi berre gjette?» Ved ein slik korleis-rutine er det tvilsamt at målet deira med aktiviteten var å formulere eller underbyggje eit narrativ, fordi dette ville krevje ei meir reflekterande tilnærming enn det gjetting ville vere. I staden var målet truleg å skrive inn eit tal i den tomme boksen i oppgåva i håp om at dei fekk høve til å gå vidare i spelet. Dette kan vere eit teikn på at Maja nyttar seg av gjerning-rutinar.

Etter at Sander avviste dette, føreslo han «å gjere det same som på skulen». Dette kan indikere at han ser på det som skjer på skulen og i undervisingstimane som ein separat del frå det som skjer i undervisingsøktene når dei spelar Numetry. Det kan også bety at han ved formulering av narrativ vidare i prosedyren ville ta i bruk kunnskap som han allereie hadde frå før. Dette kan sjåast i lys av Sfard (2007, 2008) sin argumentasjon om at læring av matematikk på objektnivå handlar om at eleven byggjer på det han eller ho kan, og som passar saman med dei narrativa som dei allereie har godkjent. Dei har til dømes erfart gjennom tidlegare oppgåver at verdien for kvart av symbola er den same for alle uttrykka, og at desse addert saman må utgjere summen av kvart uttrykk. Dette er ein av dei sentrale spelereglane i spelet, og dannar vilkår for kva narrativ dei kan godkjenne eller avvise. Sander sitt forslag om at det eine symbolet har verdi 45, og det andre 5 avviste han difor raskt når han såg at dette ikkje ville utgjere summen av eitt av reknestykka i oppgåva.

Vidare kom Maja med eit narrativ på metanivå der ho føreslo at kryss-symbolet kunne ha verdi

50, og u-symbolet verdi 5. Maja såg at dette uttrykket ville stemme overeins med eitt av rekneuttrykka, då 50 + 5 – 5= 50. Sander avviste Maja sitt narrativ og peika på at dette ikkje ville stemme overeins med dei andre reknestykka, då 50 + 50 – 5 ikkje har sum 92. Vidare sa Sander fleire tal høgt, utan at han greidde ut noko meir om desse. Dette kan ein sjå på som eit hyppig fenomen for begge elevane, og er eit kjenneteikn på deira tilnærming til oppgåvene. Elevane sin metode for å seie tal høgt, men som ikkje blir undersøkt eller reflektert kring, talar i mot at elevane nytta seg av utforskande rutinar i oppgåveløysinga. Eg finn heller ikkje noko teikn til at elevane venta – eller hadde behov for aksept frå den andre parten etter at dei hadde kome med forslag til løysing. Sjølv om Sander hadde lengre ytringar enn Maja, seier dette truleg meir om hans metareglar for å tenke høgt i løysing av oppgåver enn at han vil prestere framfor Maja. Maja synte heller ikkje teikn til at det var sosial aksept som var målet med aktiviteten. I lys av dette vil det altså ikkje vere indikatorar som tilseier at elevane nytta seg av rituelle rutinar i aktiviteten.

Eit av tala som vidare blir nemnt er åtte. Dette sette Maja på ideen om at 50 + 50 – 8 vil bli 92, slik summen i det andre uttrykket er. Sander innsåg at Maja sitt narrativ om at eitt av tala må vere åtte, stemmer og godkjende det. Narrativa der kryss-symbolet er 50 og u-symbolet er 8 vart vidare underbygd når elevane rekna ut og merka seg at denne verdien ville stemme overeins med dei andre verdiane og summen desse utgjer i reknestykket. Dette førte til at dei også kunne godkjenne narrativet om at det siste symbolet måtte ha verdi tre. Elevane klarte altså å løyse oppgåva sjølv om dei ikkje hadde ei tydeleg prosedyre for korleis den skulle løyast i starten. Etter kvart som elevane kom med forslag til kva verdiane kunne vere, vart det meir tydeleg at elevane si korleis-rutine baserte seg på ei prøving-og feiling-prosedyre for å løyse oppgåva. Denne metoden beskriv Hana (2014) som metoden for gjentekne tilnærmingar. Det kjem særleg til uttrykk ved at elevane starta med at kryss-symbolet er 40, før dei vidare justerte denne opp til 45 og vidare til 50. Elevane justerte altså verdiane opp eller ned basert på dei førre utprøvingane, for å kome nærmast mogleg eit riktig svar. At elevane nytta ein slik metode er eit teikn på at dei nytta utforskande rutinar i den grad at dei kunne oppdage nye mønster og samanhengar. Etter å ha analysert heile utdraget, vil eg argumentere for at elevane i større grad nytta gjerning-rutinar. Sjølv om elevane prøvde ut ulike løysingar, er det ein gjennomgåande trend at elevane ikkje reflekterte rundt samanhengen mellom desse, men at det like fort vart nemnt eit nytt tal. På denne måten er det meir sannsynleg at elevane sine rutinar var ei form for gjerning meir enn det var utforsking.

Som nemnt tidlegare verkar det å vere ei endring av bruksvilkåra i oppgåva som gjorde det forvirrande og vanskeleg for elevane i starten av oppgåveløysinga. Det er sannsynleg at det var denne forvirringa som blir referert til når Maja i slutten av utdraget sa at ho trudde dei «aldri kom til å klare denne», samstundes som Sander kunne oppfattast som overraska over det riktige svaret. Det at elevane kom fram til ei løysing på oppgåva ser ut for å ha framkalla meistringskjensler i ei oppgåve som dei i utgangspunktet ikkje trudde dei skulle meistre. Ein kan difor argumentere for at endra bruksvilkår i oppgåva var med på å forsterke meistringskjensler i oppgåva. I likskap med dette, kom også slike kjensler til uttrykk i intervjuet med Tor og Anders (sjå vedlegg 5, utdrag 4). Dei trekte fram denne oppgåva som ei oppgåve der dei kjente på meistringskjensla. Slike gode kjensler er positivt for elevane si lyst til å føre en samtale, og for vidare læringsutvikling i spelet.

5.3 Brøkrekning og fokus på fellesnemnar i Phantom Fractions

I dette kapittelet vert det presentert eit døme der Jakob og Gunnar løyste ei oppgåve i delspelet Phantom Fractions. I utdraget som er beskrive nedanfor fekk elevane i oppgåve å setje saman to brøkar slik at dei samla skulle utgjere målet, $\frac{6}{4}$. I spelet kan elevane velje mellom fem brøkar: $\frac{2}{4}$, $\frac{7}{7}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{4}{4}$ og $\frac{5}{10}$. Desse er utforma ved ulike matematiske figurar som til dømes kvadrat og sirklar. Figurane er med andre ord representasjonsformer for brøkane, og kan difor omtalast som visuelle mediatorar i spelet. I utdraget under var desse ein sentral del av elevane sin kommunikasjon og handlingar. Dei visuelle mediatorane vart nytta av elevane for å finne svar på oppgåva.

I likskap med oppgåveløysinga i Rocket Payload og Door Decryptor, kjende elevane til spelet sine funksjonar og kva som var målet med spelet når dei i utdraget under skulle løyse oppgåva. Difor ser eg også i dette tilfellet på elevane si oppgåveløysing som ei overordna rutine, fordi prinsippet med å addere to brøkar til å bli eit spesifikt svar framstår som eit gjentakande mønster i alle oppgåvene i Phantom Fractions-spelet (sjå vedlegg 4, utdrag 4, 5, og 6).

Figur 18. Skjermdump frå delspelet Phantom Fractions i Numetry.

Jakob Vi prøver å lage så mange vi klarer med den, før vi skriv ned dei.
Gunnar Ja! Ånei, kva skal vi gjere her da?
Jakob $\frac{6}{4}$, og så kan vi ta inn sånn her ja. (Peikar på boksane som dei kan dra brøkane til.)
Gunnar Ein halv er $\frac{4}{4}$, og så må vi ta ...
Jakob Vi kan jo ta den? (Peikar på $\frac{7}{7}$.)
Gunnar Nei, det er det same som $\frac{4}{4}$.
Jakob Ja, det er sant.
Gunnar Så vi må ta ein som er heil, og ein som er halv.
Jakob Den er halv (peikar på $\frac{2}{4}$), og den er heil (peikar på $\frac{4}{4}$).
Gunnar Ja, eller den og den. (Peikar på $\frac{7}{7}$ og $\frac{5}{10}$.)
Jakob Så vi har fire forskjellige løysingar. Vi tar denne, den var kulast. (Drar $\frac{4}{4}$ bort til svarfeltet.) Og denne ($\frac{5}{10}$). Hæ? (Får feil svar når han drar $\frac{5}{10}$ bort til boksen.) Kan eg flytte denne tilbake? (Prøver å dra $\frac{4}{4}$ tilbake.)
Gunnar Så det her er $\frac{5}{10}$? (Peikar på $\frac{5}{10}$-figuren.)
Jakob Så $\frac{6}{6}$? (Prøver å dra den bort til svarfeltet i kombinasjon med $\frac{4}{4}$, men Gunnar avbryt handlinga.)
Gunnar Nei, då må du ta den! (Peikar på $\frac{2}{4}$ og drar den bort til svarfeltet saman med $\frac{4}{4}$.) Det fungerer sjølvsagt.

I forkant av oppgåveløysinga fekk elevane ei påminning om å nytte oppgåvearket (sjå vedlegg 1) medan dei spelte Numetry. Oppgåvearket knytt til Phantom Fractions ber elevane om å lage ein regel etter at dei har løyst oppgåvene i spelet, som viser korleis ein adderer brøkar og korleis ein kan redusere ein brøk. I denne situasjonen hadde Jakob og Gunnar gjort feil og brukt oppgåva til Scale Bridge i staden for Phantom Fractions. I Scale Bridge får elevane spørsmål om dei kan velje andre tal som også kan vere korrekte svar. Det kan sjå ut som at dette påverka elevane sine bruksvilkår i oppgåva og la føringar for prosedyren vidare. Med andre ord vil ein del av elevane sine når-rutinar vere styrande for deira korleis-rutine. Det kjem særleg til uttrykk gjennom Jakob sitt første utsegn i situasjonen over: «Vi prøver å lage så mange vi klarer med den, før vi skriv ned dei». Dette kan tenkjast å påverke det Sfard (2007) beskriv som avslutningsvilkåra innanfor ei rutine, som handlar om metareglar som definerer avslutninga på rutinar. Elevane sine avslutningsvilkår i denne oppgåva kan i lys av Jakob sitt første utsegn tenkjast å kome til uttrykk ved at elevane ville finne flest mogleg korrekte løysingar før dei trykte på svar-knappen. Dette vert underbygd ved at elevane til dømes kunne valt å gje svaret så snart dei hadde funne det første alternativet som dei rekna som riktig svar, altså $\frac{2}{4}$ og $\frac{4}{4}$. I staden heldt dei fram med å finne fleire løysingar som dei såg på som riktige.

Elevane si undersøking etter andre potensielt riktige svar er basert på Gunnar sitt narrativ på metanivå, der han ganske prinsipielt argumenterte med at dei trong ein brøk som var halv og ein som var heil. Tanken bak dette er at dei såg at $\frac{6}{4}$ består av ein heil og ein halv brøk. Følgeleg føreslo Jakob $\frac{2}{4}$ og $\frac{4}{4}$ som riktige svar, etterfølgt av Gunnar sitt framlegg om $\frac{7}{7}$ og $\frac{5}{10}$. Jakob sin respons til dette var ei oppsummering om at dei hadde funne fire ulike løysingar. Han forsøkte å dra to av desse, $\frac{4}{4}$ og $\frac{5}{10}$ bort til svarfeltet. Dei utvalde brøkane vart valde fordi desse var «kulast». Dei oppdaga likevel at dei fekk feil på svaret. Eit anna avslutningsvilkår for elevane i denne oppgåva vil altså vere at spelet må lyse grønt, altså eit signal på at svaret er riktig for at elevane endeleg kan oppleve rutinen som avslutta. Når elevane såg at spelet lyste raudt, og at svaret dermed ikkje var riktig, vurderte Gunnar og Jakob kva andre brøkar som kunne vere korrekte. Jakob forsøkte å dra bort $\frac{6}{6}$ i kombinasjon med $\frac{4}{4}$, før Gunnar avbraut handlinga og seier at han heller måtte nytte $\frac{2}{4}$ i staden for $\frac{6}{6}$. I denne oppgåva vart det med andre ord litt prøving og feiling før elevane til slutt fekk riktig svar med $\frac{2}{4}$ og $\frac{4}{4}$. Sjølv om Gunnar avslutta oppgåva med å seie: «Det fungerer sjølvsagt», er det vanskeleg å seie noko sikkert om kor vidt han og Jakob forstod kvifor nokre av svara dei gav vart feil, medan det siste vart riktig. Ut i frå reaksjonen til Jakob når dei fekk feil svar, kan det tolkast som at han ikkje forstod kvifor spelet ikkje godkjente det første svaret deira.

Eit sentralt nøkkelord for å kunne løyse denne oppgåva er fire som fellesnemnar. Som følgje av dette får ikkje elevane godkjent svar ved $\frac{7}{7}$ og $\frac{5}{10}$. Med andre ord vil det i denne oppgåva berre vere $\frac{2}{4}$ og $\frac{4}{4}$ som vert godtatt som riktig svar. Det kan tenkjast at oppgåvearket som eg hadde gitt dei, der elevane i denne situasjonen har lest på feil oppgåve og at dei dermed leitar etter andre tal som også kan vere korrekte, kan ha forvirra elevane. Fokuset elevane hadde på å finne fram til fleire korrekte løysingar kan ha ført til at dei hadde ein tanke om at fleire brøkar enn dei første dei fann fram til ($\frac{2}{4}$ og $\frac{4}{4}$) kunne kombinerast saman. Prosedyren deira kan difor reknast som det Sfard (2008) beskriv som utforskande rutinar. Det at dei ser etter fleire løysingar kan reknast som ei forlenging av avslutningsvilkåra.

Ved å inkludere ytterlegare eit døme der Gunnar og Jakob jobba i Phantom Fractions får eg auka tidsspekteret i analysen. Dømet fann stad etter situasjonen som er beskriven i starten av dette kapittelet. Elevane kunne velje mellom brøkane $\frac{4}{5}$, $\frac{7}{7}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$. Sjølv om spelet berre vil godkjenne brøkane $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$, trekte elevane også i denne oppgåva fram fleire brøkar som dei meinte kunne godkjennast som korrekt svar.

Figur 19. Skjermdump frå delspelet Phantom Fractions i Numetry.

Gunnar	Igjen?
Jakob	Igjen, ja ... Den? (Peikar på $\frac{7}{7}$.)
Gunnar	Nei ...
Jakob	Den og den då? (Drar bort $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$.) Men finst det andre her då? Kunne ikkje vi tatt den og den? (Peikar på $\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$.)
Gunnar	$\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$? Hmm ...
Jakob	Hadde ikkje det gått også?
Gunnar	Eg veit ikkje ...
Jakob	Vi gjer berre denne iallfall (Drar bort $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$ i svarfeltet.) No må vi skrive inn sjølv.. (Elevane må redusere brøken sjølv. I tidlegare oppgåver har spelet redusert brøkane for dei.)
Gunnar	Ehh ein! Og $\frac{1}{5}$!

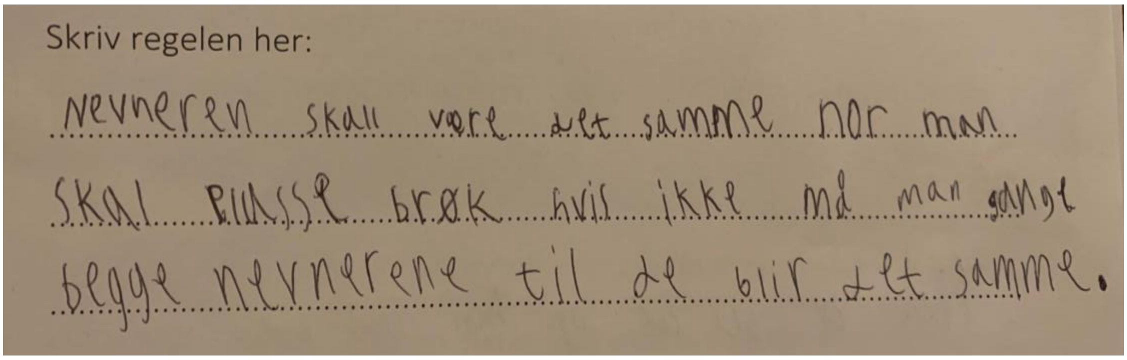
Første utsegn der Gunnar spurde «igjen?», kan tolkast som at dei oppfatta nokre av oppgåvene som repeterande. Ei slik oppfatning kom også fram når Sander og Maja løyste oppgåver frå brøkspelet (sjå vedlegg 4, utdrag 6). Vidare kom Jakob med eit narrativ på metanivå der han føreslo å nytte $\frac{7}{7}$ for å nå målet $\frac{12}{10}$. Gunnar avviste narrativet til Jakob kjapt, medan Jakob like fort kom med eit nytt narrativ der han ville nytte $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$. I tidlegare analyserte situasjonar har Jakob vore oppteken av Gunnar si godkjenning eller avvising på narrativa han kom med. Nokre døme har også vist at Jakob var avhengig av at Gunnar skulle godkjenne narrativ for at han skulle gå vidare i oppgåva. I likskap med tidlegare oppgåver verka også dette narrativet spørjande mot Gunnar, men til forskjell frå tidlegare gjekk han no vidare utan at Gunnar hadde avvist eller godkjent narrativet. Når Jakob deretter byrja å sjå om det fanst andre alternativ som også kunne vere riktige, der han blant anna peika på $\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$, kan det sjå ut til at han sjølv godkjende narrativet om $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$. I dette tilfelle var han dermed ikkje avhengig av godkjenning og støtte frå Gunnar. Det kan tolkast som at han bryt nokre av dei rituelle rutinane han har nytta tidlegare. Dette kan sjåast i samanheng med Sfard (2007) sin sentrale tanke i kommognisjonsteorien om at ein i starten av ein læringsprosess er avhengig av andre og støtte frå dei, før ein til slutt er i stand til å utføre oppgåva på eiga hand. På grunnlag av dette kan det tenkjast at det skjedde ei *individuell utvikling* hjå Jakob der han etter kvart vart i stand til å formulere narrativ utan å vere avhengig av godkjenning frå Gunnar. Ei slik individuell utvikling vil samstundes vere eit teikn på at Jakob nytta seg av utforskande rutinar. Dette må likevel sjåast i lys av at Jakob sitt utsegn var frå ein enkeltsituasjon, og at ein følgeleg bør ha eit større materiale til grunn for å hevde noko slikt med sikkerheit.

Vidare kom Jakob med eit narrativ der han spurde Gunnar om $\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$ også kan vere riktig. Både Gunnar og Jakob uttrykte at dei er usikre på det. Det kan vere vanskeleg å vite kvifor elevane tenkte at desse kunne bli $\frac{12}{10}$, men det kan tenkjast at dei med første augekast trudde at teljar og nemnar kan adderast slik at tala 7 addert med 3, og 7 addert med 5 utgjer 10 og 12. Elevane gjekk likevel vekk frå desse brøkane, og Jakob tok avgjersla om å avslutte oppgåveløysinga og gje svaret på $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$. Dette kan seie noko om avslutningsvilkåra til Jakob i denne rutinen. Sjølv om elevane hadde eit alternativt svar som dei var usikre på om var rett, verka det som at han gjennom å seie at «vi gjer berre denne iallfall» og deretter tasta inn brøkane i svarfeltet, la føringar på at dei ikkje skulle utforske det andre svaret. Dette kan tale for at rutinen kan kategoriserast som gjerning-rutine. Spørsmålet om kor vidt $\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$ ville fungere vart dermed hengande i lufta.

Oppsummert kan ein få inntrykk av at elevane var usikre på kva brøkar dei skulle addere for å få $\frac{12}{10}$. Sjølv om Jakob peika på $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$ som riktig svar, kom usikkerheita fram når han samstundes stilte spørsmål om $\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$ også kunne vere korrekt. Trass dette verkar det likevel som at elevane hadde noko forståing for korleis ein adderer brøkar i utdraget under, der elevane i forkant hadde løyst oppgåvene i delspelet Phantom Fractions. Slik som oppgåvearket ber om, arbeidde dei med å skrive ein regel som seier noko om korleis ein kan addere brøkar, og korleis ein kan redusere eller auke ein brøk:

Jakob	Har du ein regel?
Gunnar	Hmm nei ... Eg har helt gløymt kva det der i brøk. Det er noko nede, noko oppe og en strek i midten. Hugsar du kva dei tala heiter?
Jakob	Mhm, nemnar nede og teljar er topp. Nei, kva var det det var. Nemnar ...
Gunnar	Eg hugsar ikkje.
Jakob	Det var nemnar, det veit eg.
Gunnar	Og den er nede?
Jakob	Ja!
Gunnar	Det var eigentleg alt eg trong å vite. Nemnaren må alltid vere det same? (Skriv deretter ned regelen på oppgåvearket.)

Dei skreiv: «*Nevneren skal vere det samme når man skal plusse brøk hvis ikke må man gange begge nevnerene til de blir det samme*».



Figur 20. Eige fotografi av elevane sitt svar på oppgåveark.

I første del av utdraget kan ein få innblikk i korleis elevane prøvde å gjenkalle tidlegare godkjente narrativ som handlar om nemnar, teljar og fellesnemnar og korleis ein adderer brøkar. Jakob gjenkalte ein hugseregel der han sa at «nemnar nede og teljar er topp». Dette bidrog til å konstruere og godkjenne eit narrativ på objektnivå der nemnar er under brøkstreken. Vidare formulerte Gunnar ein regel som han skreiv ned på oppgåvearket, som bygde på narrativet dei nettopp hadde gjenkalla, konstruert og godkjent. Regelen som blei skriven ned handlar om korleis ein kan addere brøkar og kan følgeleg reknast som eit narrativ på metanivå. Samtalar om slike typar narrativ har i følgje Sfard (2007) eit potensial for læring, og slik kan bidra til ei utviding eller endring av elevane sin diskurs i matematikk.

Ut i frå regelen som vart formulert på oppgåvearket, er det interessant at elevane kort tid før ikkje såg ut til å nytte denne regelen når dei løyste oppgåvene i Phantom Fractions. Her vurderte dei fleire av brøkane med ulik nemnar i forhold til kva brøk dei skulle kome fram til ($\frac{12}{10}$ i utdraget over) som potensielle kandidatar til å få riktig svar. Dei kommuniserte eller handla altså ikkje ut i frå at nemnaren måtte vere den same ved addisjon av brøkar. Samstundes må det nemnast at regelen dei skreiv er noko mangelfull ved at dei skreiv at dei må «gange begge nevnerene til de blir det samme». Dette er berre delvis riktig, då dei ikkje inkluderer noko om at ein må gjere det same over og under brøkstreken ved utviding av brøkar. Dette kan indikere at dei framleis ikkje har forstått heilt konseptet med addisjon av brøkar, og utviding og reduksjon av desse.

5.4 Elevane sin argumentasjon kring Cross Connector

I utgangspunktet var planen min å få elevane til å argumentere kring spelet og svara sine. Tanken var at dette i større grad kunne hjelpe meg å få innsikt i elevane sine tankar kring det matematiske som Numetry ønskjer å framkalle. Dømet under er likevel eit eksempel på at dette ikkje alltid var så enkelt. Samstundes er det forståeleg at elevane handlar som dei gjer. For alle elevpara er spelet nokså nytt og framandt. Slik som det kom fram i intervjuet, har dei spelt Numetry eit par gongar tidlegare (sjå vedlegg 5, utdrag 2). At dei stilte spørsmål til meg og medelevar om funksjonar og spelereglane i spelet (sjå vedlegg 5, utdrag 3 og 11) er med på å underbyggje at dei har lite erfaring med spelet. Fleire av oppgåvene er også nokså opne, og det kan for enkelte elevar vere vanskeleg å vite kvar ein skal starte i spelet. Særleg med omsyn til at nokre av spela, slik som Rocket Payload, har fleire løysingar.

Oppgåva som blei løyst i utdraget under er frå delspelet *Cross Connector* på modus 2. Her skal elevane dra tal og likskapsteikn, som spelet har valt å kalle «kontakter», på riktig plass i straumforsyninga som inneheld fleire reknestykke. På oppgåvearket som eg hadde laga var oppgåva knytt til dette delspelet at elevane skal grunngje vala sine før dei dreg dei ulike tala og likskapsteikna på plass til straumforsyninga. Rett før situasjonen under, gav eg dei ei påminning om å nytte oppgåvearket medan dei løyste oppgåvene i Numetry.

Figur 21. Skjermdump frå delspelet Cross Connector i Numetry.

Gunnar Vi må ha 9, fordi 9 er det same som 9! (Drar 9 bort til første linje.)
Jakob Så 11 er lik 7, minus 2, då har vi 5, pluss 6. (Drar 6 bort til andre linje.)
Gunnar Ja!
Jakob Ja! Dra inn 6!
Gunnar Det blir riktig fordi 6 er eit tal.
Jakob 11 minus 3 er lik 8.
Gunnar Mhm! Minus? (Ler litt.) Minus?
Jakob Nei, ahh! (Drar bort er lik-teiknet i staden.) Det var mange kjekke. Sånn! Det fungerte til slutt!
Gunnar Det tok berre ei god stund.

Situasjonen over kan vere eit døme på korleis elevane grunngav vala sine i arbeid med eit av delspela. Allereie i første utsegn ser ein eit døme på kva type argumentasjon som vart nytta. Gunnar argumenterte for at ni skulle flyttast inn i straumforsyninga på første reknestykke, slik at det vart ni er lik ni. Han grunngav valet sitt ved å seie at «... 9 er det same som 9». Vidare resonnerte Jakob seg fram ved å seie hovudrekninga si høgt, at det var seks som måtte flyttast inn i det andre reknestykket. Då såg reknestykket slik ut: 11 = 7 – 2 + 6. Gunnar grunngav valet med at seks er riktig svar ved å seie at «det blir riktig fordi 6 er eit tal». Slike typar grunngjevingar som elevane kjem med her, oppfattar eg som svakt underbygde narrativ. Spørsmålet vidare blir kvifor elevane ikkje underbygde narrativa sine sterkare i spelet? Som tidlegare nemnt, er fleire av oppgåvene i Numetry opne og har fleire riktige løysingar. Phantom Fractions, som berre godtek brøkar med fellesnemnar, og nokre av oppgåvene i Cross Connector, er nokre unntak. Dette kjem særleg fram i utdraget over, som viser at oppgåva har ei fast bestemt løysing. Sjølv om elevane sine ytringar har lite solid argumentasjon, er det samstundes forståeleg at det ikkje er så lett å argumentere når oppgåvene er lette og lukka.

Elevane sin argumentasjon kring oppgåvene kan samstundes seie noko om prosedyrane i rutinane deira. I arbeid med Cross Connector la særleg Gunnar i forkant av denne situasjonen vekt på kor dei var i oppgåveløysinga. Dette kom til uttrykk gjennom ytringane: «vi er snart halvvegs» og «no er vi halvvegs» (sjå vedlegg 4, utdrag 7 og 8). Etter situasjonen som er beskriven over sa også Gunnar at dei hadde «ei oppgåve igjen» (utdrag 9) før Jakob avslutta Cross Connector-spelet med å seie: «No trur eg vi har gjort alt» (utdrag 10). I sum kan desse ytringane seie noko om at dei var opptekne av tid og tempo i oppgåveløysinga. Det kan samstundes oppfattast som ein motivasjonsfaktor for elevane si vidare framdrift i delspelet. Ved å sjå dette i lys av elevane sine raske og lite underbygde narrativ, kan det oppfattast som at elevane ønskte å kome seg fortast mogeleg vidare i delspelet, og kan følgeleg reknast som ei rutine i diskursen deira. Dette kan særleg underbyggast ved at ytringane som er beskrivne over er henta frå ulike situasjonar der elevane spelte Cross Connector. Følgeleg er slike typar ytringar som handlar om tid og tempo eit gjentakande mønster. Det ser ut til at desse rutinane handla om å dra nokre element til dei tomme boksane heller enn å konstruere eller underbyggje eit narrativ. I lys av dette vil eg hevde at elevane også i dette tilfellet viste teikn til at dei nytta seg av gjerning-rutinar i arbeid med delspelet.

5.5 Oppsummering av funn

Etter å ha analysert datamaterialet mitt ut i frå Sfard (2008) sin teori har eg fått innsikt i korleis elevane kommuniserte og handla medan dei spelte matematikkspelet Numetry. Eit av hovudfunna mine viser at elevane nytta seg av ulike rutinar i arbeid med Numetry. I situasjonar der det har vore indikatorar på at elevane nytta seg av utforskande rutinar, er eit sentralt aspekt at elevane har leita etter fleire riktige løysingar i oppgåva. I tilfelle der elevane har nytta seg av gjerning-rutinar har spelet vore meir lukka og/eller det har vore repeterande oppgåver som til saman ikkje har lagt til rette for matematikkfagleg samtale. Det ser også ut til at visuelle mediatorar spela ei stor rolle i elevane sin diskurs, og at dei i enkelte tilfelle har vore med på å framkalle ulik ordbruk hjå elevane. Det vil seie at elevane har nytta ulike ord for å beskrive det same fenomenet på ulike måtar. I enkelte tilfelle er ordbruken også ulik som følgje av at dei har hatt forskjellege fokus eller roller i oppgåveløysinga. Eg har samstundes funne teikn på at ei endring av bruksvilkåra i ei av oppgåvene såg ut til å ha framkalle meistringskjensler hjå elevane. Til slutt viser funna mine at fire av para som deltok i studien ikkje kommuniserte eller samarbeida i stor grad, og nytta lite tid på kvar av oppgåvene.

Tabellen under syner ei oppsummering av funna, men er kategorisert ut i frå kva funn eg har identifisert i kvart delspel. Desse blir diskutert i neste kapittel.

Type delspel	Funn
Rocket Payload	Ulik ordbruk blant elevane
	Gråsone mellom rituelle- og utforskande rutinar
	Identifikasjon av fleire løysingar
	Gjentekne tilnærmingar
Door Decryptor	Endring av bruksvilkår og meistringskjensler
	Gjerning-rutinar
Phantom Fractions	Repeterande oppgåver
	Utforskande- og gjerning-rutinar
Cross Connector	Lite underbygde narrativ
	Gjerning-rutinar

Tabell 2. Oppsummering av funn, kategorisert etter kvart delspel.

6.0 Diskusjon

Eit sentralt grunnlag for denne studien er ønsket mitt om å lære meir om bruk av digitale verktøy i matematikkundervisinga. Eg valde difor å ta utgangspunkt i Numetry, som er eitt av dei nye digitale verktøya som er komne på marknaden. Med grunnlag i Kunnskapsdepartementet (2019) si vektlegging av at elevane kommuniserer i matematikkfaget, ville eg undersøkje kva potensiale spelet har for å leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. I eit forskingsfelt der det er få studiar som har teke føre seg bruken av digitale spel i matematikkundervisinga (Boyle et al., 2016; Ke, 2014), var også føremålet å bidra til meir kunnskap om potensialet som ligg i Numetry. I ei tid der det er nødvendig at matematikklærarar har tilstrekkeleg kunnskap om digitale verktøy og ressursar, er håpet at denne studien kan bidra til lærarar sin bruk av Numetry eller tilsvarande læringsspel. Med utgangspunkt i dette har eg i denne studien teke føre meg følgjande problemstilling:

Korleis kan bruk av Numetry leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn?

I dette kapittelet vil eg drøfte studien sine funn ytterlegare og diskutere korleis dei svarar på problemstillinga mi. I analysen vart fire delspel analysert kvar for seg. For å skape oversikt og systematikk vil eg halde fram med denne strukturen. Vidare vil eg diskutere korleis funna mine står seg mot funn i andre studiar, samstundes som eg vil kommentere funna ut i frå det teoretiske rammeverket.

6.1 Matematikkfaglege samtalar i Rocket Payload

Etter å analysert elevane sitt arbeid med Rocket Payload er det særleg fire faktorar som har vist seg å vere interessante for å belyse korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar. Desse blir gjort greie for trinnvis i dette delkapittelet. I tillegg diskuterer eg nokre element som kan tenkjast å auke Numetry sitt potensiale.

6.1.1 Ulik ordbruk og visuelle mediatorar si rolle

Eit sentralt funn i denne studien er Gunnar og Jakob sin ulike *ordbruk* i arbeidet med oppgåvene i Rocket Payload. Særleg kom dette til uttrykk ved Jakob sin gjentekne bruk av ordet «rest», medan Gunnar aldri brukte dette ordet. Han responderte heller ikkje på Jakob sine «rest»-

ytringar, men gjekk vidare i oppgåveløysinga. Også i den andre situasjonen var ordbruken ulik som følgje av at dei hadde ulike fokus eller roller i oppgåveløysinga. Dette kom særleg fram når Gunnar hadde fokus på kva som «mangla» for å oppnå maksvekt, medan Jakob fokuserte på kva vekteiningar som kunne «gjerast om». Den aukande bruken av desse orda kan vere ein indikator på at elevane hadde utvida vokabularet sitt, som i følgje Sfard (2007) er eit teikn på ei diskursiv endring i kommunikasjonen mellom dei. Ho argumenterer for at slike endringar kan gje moglegheiter for læring. Eg vil derimot vere varsam med å slå fast at slike endringar fann stad, basert på at studien føregjekk i eit kort tidsrom. Det var heller ikkje målet med studien. Det ser uansett ut som at Rocket Payload-spelet bidrog til å framkalle ulik språkbruk hjå elevane, noko som i lys av Sfard (2007) sin teori har stor verdi for deira forståing og læring av matematikk. Det vert særleg forklart ved at matematikken sitt språk er viktig for å kunne forstå og lære matematikk. Det at elevar nyttar ulike matematiske omgrep i diskusjonane sine, kan gje rom for å utforske fleire matematiske omgrep og perspektiv om same konsept. Slik kan ulik ordbruk hjå elevar i matematiske diskursar bidra til å skape eit rikt og dynamisk matematisk språk.

Eit anna funn er at Gunnar og Jakob sin kommunikasjon og handlingar i stor grad var knytt til splittarmaskina, som kan reknast som ein visuell mediator i spelet. Det var gjennom ytringar relatert til splittarmaskina at elevane sin ulike ordbruk særleg kom til syne. Splittarmaskina framkalla også andre ytringar som begge elevane nytta seg av. Dette kom til blant anna til uttrykk ved «dele den», «gjere den om» og «få den til». Det er difor naturleg å hevde at splittarmaskina var med på å framkalle ord som kan assosierast til det matematiske konseptet divisjon. At spelet framkalla slike ord er verdifullt for elevane sin matematikkfaglege samtale. Samstundes oppfyller Numetry sin bruk av splittarmaskina eit av Gök og İnan (2021) sine døme på matematiske prosessar, kalla «representasjonar». Dei argumenterer for at det er avgjerande for eit læringsspel sin funksjonalitet å leggje til rette for at elevane opplever slike prosessar.

6.1.2 Gråsone mellom rituelle og utforskande rutinar

I Jakob og Gunnar sitt arbeid med Rocket Payload såg vi også døme på det Sfard (2008) beskriv som rituelle rutinar. Dette kom særleg til uttrykk i tilfella der Jakob konstruerte eller underbygde narrativ, der frasedrivne nøkkelord som «rest» blant anna blir brukt. Desse situasjonane vart etterfølgde av det eg har tolka som ei forventing eller eit behov hjå Jakob om at Gunnar skulle godkjenne eller avvise narrativa som han kom med. Jakob har med andre ord stor tiltru til Gunnar og er oppteken av hans aksept for å kunne gå vidare i oppgåva. Samstundes har eg peika på at Jakob var ein sentral pådrivar i diskursen for framdrifta i oppgåva, då han verka interessert i å finne ut resultatet i oppgåva. Eg har difor indikert at elevane sine prosedyrar, der Jakob konstruerte narrativ og stilte desse opp for godkjenning eller avvising ovanfor Gunnar, er ei gråsone mellom rituelle- og utforskande rutinar. Det kan vere ei naturleg årsak til at elevane sine rutinar ikkje kan reknast som fullstendig utforskande i denne studien. I intervjuet kom det fram at elevane vanlegvis har jobba individuelt med Numetry (sjå vedlegg 5, utdrag 3). At elevane skulle samarbeide kring spelet i forskingsprosjektet kan altså reknast som ein ny situasjon for elevane. Det er dermed sannsynleg at elevane ikkje hadde utvikla metareglar for korleis dei kunne samarbeide om spelet. At dei la vekt på ei harmonisk stemning og var oppteken av den andre sin aksept, er forståeleg.

Når elevane synte tendensar til utforskande rutinar, var det for at dei ville finne resultatet i oppgåva og *korleis* dei skulle kome fram til det. Gunnar synte også at prosedyren dei nytta kunne korrigerast til å gjelde andre situasjonar. Slik viste han fleksibilitet ved å løyse oppgåva på fleire måtar. Sfard (2008) argumenterer for at desse rutinane kan bidra til å utvikle elevane sine matematiske resonnement og argumentasjonsmåte. Det blir forklart ved at dei gjennom utforskande rutinar får høve til å presentere og forsvare eigne idear og løysingsmetodar. Dette er eigenskapar som kom til uttrykk i noko av Gunnar og Jakob si oppgåveløysing i Rocket Payload, og kan vere verdifullt for matematikkfaglege samtalar.

Elevane sine tendensar til rituelle rutinar i arbeid med Numetry kan også vere av betydning for å nå ei meir utforskande deltaking. Lavie et al. (2019) og Sfard (2008) argumenterer for at rituelle rutinar oftast vil vere nødvendig i prosessen med å nå utforskande deltaking, som dei meiner bør vere målet i matematiske diskursar. Ei forklaring på dette er at viss elevane skal anerkjenne at resultatet av rutinen er målet med aktiviteten, må dei ha ei forståing av den praktiske nytten av det å utføre slike rutinar. Når elevane spelar eit læringsspel som dei har lite erfaring med, og som dei ikkje har samarbeidd om tidlegare, kan det vere vanskeleg for dei å forstå kva som er nytten av å utforske spelet på ein ny måte. I lys av dette vil det vere gunstig at lærar i forkant av undervisingsøktene gjev elevane ei forståing av kva nytten med utforskingar i Numetry kan vere. Det kan til dømes gjerast ved å kople spelet til verkelege situasjonar og vise korleis ferdigheitene ein får ved å utforske spelet kan overførast til andre situasjonar. Det kan også vere å oppmuntre til å prøve ut ulike idear og tilnærmingar, og hjelpe elevane med å sjå verdien av det å tenkje utanfor boksen. Sjølv om eg truleg ikkje var tydeleg på denne rammesettinga i forskingsprosjektet, meiner eg likevel at slike rammer vil vere eit steg i retning av å utvikle utforskande rutinar, og slik auke Numetry sitt potensial for å leggje til rette for matematikkfaglege samtalar.

Med tanke på at utforskande deltaking bør vere målet i matematiske diskursar (Lavie et al., 2019), vil det også vere mest ideelt at spelet sine vilkår, spelereglar og design legg til rette for utforskande deltaking. Opne oppgåver som utfordrar elevane fagleg, og som krev at elevane utforskarar og prøvar seg fram, har verdi for å kunne legge til rette for dette. Rocket Payload er eit delspel der fleire løysingar er korrekte og der det ikkje er ein klår metode for å finne ei løysing. Slik kan det argumenterast for at delspelet sine oppgåver har kjenneteikn og eigenskapar som kan kategoriserast innanfor opne oppgåver i matematikk. Det er likevel nokre funksjonar i Rocket Payload som avgrensar elevane sine moglegheiter til å utforske og til å prøve på nytt i oppgåveløysinga, og følgeleg også avgrensar deira matematikkfaglege samtale. Speleregelen der elevane ikkje kan splitte ei vekteining to gongar vil etter mitt syn ikkje ha ein matematisk verdi, men heller hindre at elevane utforskar delspelet vidare. For å kunne endre vekteininga sin verdi må dei altså starte på nytt, eller slå den saman med vekteininga som dei tidlegare fekk ut av splittarmaskina. Fleire av elevane fann ikkje ut av det sistnemnde alternativet, og følgeleg starta dei på nytt i delspelet for å kunne nytte vekteininga på ny. Sfard (2008) beskriv dette under rituelle rutinar, som seier at viss rutinen skal bli korrigert, må den gjentakast i sin heilskap. Eg meiner at spelet ville hatt eit større potensial for å leggje til rette for utforskande deltaking utan slike avgrensande spelereglar. Ei slik utforming hadde samstundes vorte i tråd med Yong et al. (2021) si oppfordring om at læringsspela ikkje nødvendig har eit rett eller galt svar, men at spelaren kan byggje vidare på handlingane sine. At eit læringsspel legg til rette for ei slik tilnærming, framfor at brukaren blir tvinga til å starte på nytt, kan vere ei moglegheit for vidare matematikkfagleg samtale.

6.1.3 Gjentekne tilnærmingar

Eit anna funn som er sentralt å nemne er frå situasjonen der Jakob og Gunnar forsøkte å svare på oppgåva, men delspelet responderte med at løysinga dei kom med ikkje var riktig. Når dei bestemte seg for å starte på nytt i oppgåva, viste dei tydeleg at dei gjorde justeringar basert på førre forsøk. Ut frå dette funnet kan ein hevde at Rocket Payload sine eigenskapar, der elevane får respons umiddelbart etter at dei har svart på oppgåva, kombinert med oppgåvetypen i dette delspelet, kan leggje til rette for det Hana (2014) beskriv som gjentekne tilnærmingar. Elevane synte at det å justere seg etter tidlegare forsøk er ein del av det å kome fram til ei riktig løysing.

Viss dei tør å prøve og feile i arbeid med Numetry, kan dette vere av verdi for den matematiske samtalen og vidare for ei potensiell læring.

At Numetry legg til rette for slike gjentekne tilnærmingar er i tråd med Gök og İnan (2021) si oppfatning om at det er viktig å utforme læringsspel slik at elevane opplever matematiske prosessar. Eit døme på ein slik prosess er prøving og feiling som del av metoden for gjentekne tilnærmingar. Slik eg ser det vil ein slik prosess også henge saman med formulering av hypotesar og hypotesetesting, som Gök og Inan nemner som eit anna døme på matematiske prosessar. Sjølv om elevane i arbeid med Rocket Payload ikkje eksplisitt la til rette for at det skulle formulerast ein hypotese som dei gjekk inn for å teste, var ein del av prosedyren til Gunnar og Jakob å konstruere eit narrativ på metanivå som føreslo korleis oppgåva kunne løysast. Gjennom gjentekne tilnærmingar vart fleire forslag testa, basert på justeringar frå tidlegare forsøk. Elevane fekk vidare bekrefta eller avkrefta om hypotesta stemte gjennom å dra i spaken i spelet. Gök og İnan (2021) sitt syn på kva eigenskapar eit læringsspel bør utformast etter, er basert på kva funksjonar som får elevane til å oppleve matematiske prosessar. At Rocket Payload inneheld fleire eigenskapar som ser ut til å fremje slike prosessar, er eit positivt element som kan legge til rette for matematikkfaglege samtalar.

6.1.4 Identifikasjon av fleire løysingar

Eit anna sentralt funn er at særleg Gunnar synte at han såg fleire løysingar som kunne vere riktige i arbeid med Rocket Payload. Numetry har då lukkast i å få elevane til å oppdage at det finst fleire løysingar i spelet, noko som har fleire verdifulle sider. For det første kan det bidra til at elevane tenkjer meir kreativt og utforskar fleire tilnærmingar til problemet. For det andre kan det bidra til at elevane er meir opne for alternative perspektiv og løysingar. For det tredje kan det bidra til å utvikle elevane sine samarbeids- og kommunikasjonsferdigheiter, då dei kan arbeide saman for å utforske og diskutere forskjellege tilnærmingar og løysingar på problemet. Desse reknar eg som gunstige eigenskapar hjå Rocket Payload for å kunne leggje til rette for matematikkfaglege samtalar, og er også i tråd med Bray og Tangney (2017) si forsking. Eit av deira funn indikerte at for å kunne realisere potensialet digitale verktøy kan ha i undervisinga, må lærarar gje oppgåver som støttar samarbeidande, undersøkingsbaserte og problemløysande tilnærmingar til matematikkfaget. Desse tilnærmingane kan bli framkalla av Numetry si tilrettelegging av fleire riktige løysingar. I lys av Bray og Tangney si forsking kan Numetry på denne måten vere med på å realisere noko av potensialet digitale verktøy kan ha i undervisinga.

Samstundes er eigenskapane spelet har til å legge til rette for fleire riktige løysingar, eit potensial som kunne vore utnytta i endå større grad. Spelet oppfordrar ikkje elevane til å identifisere fleire riktige løysingar. I staden kan elevane gå vidare i spelet når ei korrekt løysing er angitt. Viss elevane i Rocket Payload i tillegg får i oppgåve å finne fleire riktige løysingar, og ikkje noko som elevane på eiga initiativ kan initiere, har spelet eit ytterlegare potensiale for diskusjon kring dette. Denne påstanden kan sjåast i samanheng med Fiorella et al. (2019) si forsking. Ho føreslår at det kan vere meir effektivt å krevje at elevane aktivt genererer sine eigne forklaringar ved å svare på opne spørsmål. Sjølv om elevane fekk høve til dette gjennom det supplerande oppgåvearket, viste også studien at slike oppgåveark er mindre interessant. Dette er forståeleg, då det kom fram i intervjuet at dei hadde spelt Numetry eit par gongar tidlegare (sjå vedlegg 5, utdrag 2). Dei sa vidare at det var kjekt å gjere noko anna enn å berre sitje og skrive (utdrag 1). I lys av dette bør dermed slike utforskande spørsmål vere inkludert i spelet, og ikkje som ei tilleggsoppgåve på ark.

6.2 Matematikkfaglege samtalar i Door Decryptor

Etter å analysert Maja og Sander sine samtalar då dei spelte Door Decryptor, er det særleg to hovudfunn som er interessante å diskutere ytterlegare opp mot problemstillinga mi. Ei endring av bruksvilkår i oppgåva og denne sitt bidrag til meistringskjensle, samt elevane sine gjerning-rutinar blir difor gjort greie for i dette kapittelet.

6.2.1 Endring av bruksvilkår i oppgåva og meistringskjensler

I analysen kunne ein sjå teikn til at Maja og Sander hadde forståing for at kvart av teikna symboliserte ein matematisk verdi, og at verdien for kvart av teikna var den same i alle likningane. Dei uttrykte seg derimot tvilande når dei såg at bruksvilkåra i tidlegare oppgåver var noko endra i denne oppgåva, blant anna ved at det her var fleire rekneartar i likningsetta. Det var eit positivt teikn for elevane sitt nærvær i aktiviteten at dei hugsa korleis tidlegare oppgåver var bygde opp, og at dei slik klarte å identifisere endringane i den siste oppgåva. Samstundes førte endringane til ein matematikkfagleg samtale mellom elevane der dei særleg diskuterte kva prosedyre dei skulle nytte i lys av nye bruksvilkår.

Eg har også peika på indikatorar som viser at endra bruksvilkår kan ha ført til auka meistringskjensle i ei oppgåve som dei i starten verka forvirra og fortvila over. Fokides (2018) fann at læringsspel i matematikk kan påverke elevane sin motivasjon og engasjement positivt. Sjølv om eg ikkje har grunnlag for å fastslå det same, viser studien at læringsspel kan framkalle positive assosiasjonar. Det er sannsynleg at det spelar ei rolle for elevane si lyst til å føre ei samtale, og for vidare læringsutvikling i spelet.

6.2.2 Gjerning-rutinar

Elevane nytta vidare ei prosedyre som kan minne om det Hana (2014) beskriv som gjentekne tilnærmingar. Sjølv om eg har peika på at ein slik metode kan vere teikn på at elevane nytta utforskande rutinar, indikerer funna mine at elevane i arbeid med Door Decryptor i staden brukte gjerning-rutinar. Det verka for at elevane sitt mål i denne oppgåva var å finne eit tal som kunne skrivast inn i den tomme boksen i spelet, heller enn eit mål om at talet dei fann skulle vere med på å konstruere eller underbyggje eit narrativ. Som diskutert tidlegare er det klart at viss spelet legg til rette for at elevane skal nytte utforskande rutinar, vil Numetry ha eit større potensial for å legge til rette for matematikkfaglege samtalar. Spørsmålet i dette tilfellet blir derimot om elevane si deltaking gjennom gjerning-rutinar også kan skape nokre moglegheiter, og eventuelt kva dei vil bestå av?

Til forskjell frå Rocket Payload og Phantom Fractions har dette spelet eit design der det ikkje er nokre element som kan flyttast eller endrast i spelet. Med andre ord vil elevane sin diskurs i arbeidet med Door Decryptor handle om abstrakte idear som dei i mindre grad kan konkretisere via aktive handlingar i spelet. At delspelet ikkje legg til rette for slike handlingar, som til dømes å dra i eit element og kople det til ein matematisk representasjon i spelet, er mindre gunstig i følgje Moyer-Packenham et al. (2019). Dei fann ut at spel som la til rette for at elevane kunne nytte aktive handlingar i spelet, resulterte i betydeleg læringseffekt. Sfard (2008) fremjar derimot at abstrakte idear innanfor gjerning-rutinar vil vere like sannsynlege som at aktive handlingar er utgangspunkt for utforskande rutinar. Med andre ord kan elevane sine gjerning-rutinar framkalla av Door Decryptor vere eit nyttig springbrett for elevane si seinare utvikling av utforskande rutinar. Det betyr samstundes at sjølv om Moyer-Packenham et al. (2019) sitt funn indikerer at aktive handlingar i eit spel gjev best læringsresultat, kan også abstrakte idear innanfor gjerning-rutinar gje verdifulle mogelegheiter for elevane sin matematikkdiskurs ved å leggje til rette for utvikling av utforskande tilnærmingar.

Når elevane nyttar seg av gjerning-rutinar medan dei spelar Door Decryptor, fokuserer dei på konkreta i oppgåva, i dette tilfelle tre symbol, i staden for å konstruere eller underbyggje eit narrativ. Eit overordna mål med delspelet er å få innsikt i at kvart av symbola er eit uttrykk for matematiske verdiar, og at desse verdiane vil vere dei same i kvart av likningsetta. At elevane gjennom gjerning-rutinar fokuserer på å finne verdiane for dei ulike symbola og til slutt kunne skrive inn eit tal i den tomme boksen, kan vere positivt for den kunnskapen som delspelet søkjer å framkalle om algebraiske verdiar og uttrykk. Samstundes var det teikn på at Sander såg på det som skjedde på skulen og i undervisingstimane elles som ein separat del frå undervisingsøktene der dei spelte Numetry. Dette talar i mot at elevane sine gjerning-rutinar har ført til den forståinga som spelet vil kalle fram. Det er uheldig viss elevane ikkje klarer å knyte dei metareglane som dei lærer i matematikkundervisinga til spelsituasjonen. Eit av poenga til Numetry er nettopp å få elevane til å like matematikk. Om dei ikkje klarer å knyte det dei potensielt lærer i Numetry til matematikkfaget, vil det heller ikkje vere gunstig for elevane sin matematikkfaglege samtale.

6.3 Matematikkfaglege samtalar i Phantom Fractions

Etter å analysert Jakob og Gunnar sine diskursar i arbeid med Phantom Fractions vart tre hovudfunn identifisert. I dette kapittelet vil desse vil bli gjort nærare greie for.

6.3.1 Fokus på halve- og heile brøkar og Numetry sine spelfunksjonar

Tidleg i situasjonen som er beskriven i kapittel 5.3 var særleg Gunnar tydeleg på at for å lage brøken $\frac{6}{4}$, måtte dei ha ein brøk som er heil og ein som er halv. Denne tankegangen la vidare grunnlaget for prosedyren deira, der dei forsøkte å trykkje på svar-knappen med $\frac{4}{4}$, som er ein heil brøk addert med $\frac{5}{10}$, som er ein halv brøk. Desse brøkane vart ikkje godkjende fordi ein av spelereglane er at brøkane skal ha fellesnemnar. Sjølv om det ikkje var teikn til at elevane i oppgåveløysinga hadde prinsippet med fellesnemnar i tankane, kom det fram at Gunnar såg at $\frac{6}{4}$ består av ein heil og ein halv at han hadde god forståing for dei ulike komponentane ein brøk består av. Det kan diskuterast om det er ei ulempe for elevane si matematiske forståing at spelet ikkje tillèt brøkar med ulik nemnar. Sjølv om brøkane ikkje har ein fellesnemnar, vil brøkane $\frac{4}{4}$

og $\frac{5}{10}$ addert saman utgjere 1,5. Svaret på oppgåva, brøken $\frac{6}{4}$, kan også skrivast som 1,5. Sett vekk frå at oppgåva sin speleregel handlar om fellesnemnar, er elevane sitt svar riktig. Slik får ikkje elevane anerkjenning for tankegangen sin kring brøk, trass i at ein kan argumentere for at den er god. Ke (2008) viser til at elevane ofte berre vert kreditert for eit riktig svar, uavhengig av korleis dei har utarbeidd det eller om dei forstår metoden. Samstundes handlar denne oppgåva om addisjon av brøk, og då er det vanleg å jobba med fellesnemnar. Dermed er det også forståeleg at Numetry ikkje godkjenner dette svaret.

Det kan tenkjast at Phantom Fractions ville hatt eit større potensiale for matematikkfaglege samtalar viss elevane fekk høve til å nytte dei ulike brøkane, som til dømes $\frac{4}{4}$ og $\frac{5}{10}$. For samstundes å vere i tråd med det reglane for addisjon av brøkar, kunne elevane til dømes nytta ei maskin av typen som i Rocket Payload. Ved hjelpe av denne kunne dei utvida eller redusert brøkane slik at dei får fellesnemnar og at brøkane vidare kunne vorte nytta i addisjonsfeltet. Dette kunne ha fremja eit av dei sentrale matematiske poenga i oppgåva, som er fellesnemnar og addisjon av brøk. I tillegg kunne det vore fleire løysingar som hadde vore riktige i tråd med spelet sine spelereglar. Slik kunne ein i endå større grad lagt til rette for utforsking og samtale.

Seinare i oppgåveløysinga stilte elevane spørsmål om $\frac{10}{10}$ og $\frac{2}{10}$, i tillegg til $\frac{7}{7}$ og $\frac{3}{5}$, kunne vere riktig for å få $\frac{12}{10}$. Det er bra at elevane såg etter fleire løysingar. Det underbyggjer at elevane her nytta seg av utforskande rutinar. Når elevane trekte fram dei to sistnemnde brøkane, indikerer det at dei hadde noko mangelfull forståing av dei matematiske konsepta rundt brøk. Det må likevel nemnast at når elevane gjennom oppgåvearket skulle formulere ein regel knytt til oppgåvene i delspelet, verka det som at dei hadde forstått meir av dette. Regelen som vart skriven ned var derimot berre delvis riktig. I sum kan dette bety at spelereglane til Phantom Fractions ikkje har lukkast med å framkalle dei vilkåra som truleg var føremålet med spelet, nemleg godkjente og underbygde narrativ kring addisjon av brøkar med fellesnemnar. Eg har òg funne indikatorar på at elevane ikkje forstod kvifor svara dei kom med var feil. I likskap med tilbakemeldinga i læringsspela som Ke (2008) undersøkte i sin studie, er tilbakemeldingane i Phantom Fractions meir oppsummerande enn informative. Dette kan vere ei mogleg forklaring på kvifor spelet ikkje lukkast med å framkalle ønskja narrativ, samt at elevane ikkje forstod kvifor spelet ikkje godtok svaret deira. Dette er faktorar som kan ha ei negativ innverknad på elevane si matematikkfaglege samtale.

Mykje tyder også på at elevane ikkje hadde tilstrekkeleg innsikt i dei metareglane/føresetnadane som skulle til for å løyse oppgåva, altså kunnskap om fellesnemnarar. Det underbyggjer at det er eit ytterlegare behov for rettleiing eller støtte frå spelet. Til dømes kunne tilbakemeldingane vore tips om korleis ein kan tenkje i spelet, eller ei korrigering på kvifor eit svar er feil. Dette hadde samstundes vore i tråd med Katmada et al. (2014) som fremjar at tilbakemeldingar som kjem med det same, kan hjelpe elevane med å forstå kva dei har gjort feil og gje dei høve til å rette opp i desse. Dette hadde truleg vore gunstig for samtalen vidare.

6.3.2 Elevane sine rutinar og repeterande oppgåver i spelet

I analysen har eg argumentert for at elevane si undersøking og leiting etter fleire riktige svar medan dei spelte Phantom Fractions, kan vere eit teikn på at elevane nytta seg av utforskande rutinar. Elevane utvikla denne rutinen etter å ha lest på ei oppgåve i oppgåvearket som var meint for eit anna delspel. Oppgåvearket har altså bidratt til desse rutinane. Samstundes førte dette til ei forlenging av avslutningsvilkåra deira. At dei var uthaldande i oppgåva og tok seg tid til å sjå etter andre løysingar, var gunstig for den matematikkfaglege samtalen deira.

Eit anna døme på utforskande rutinar er då Jakob for første gong i datamaterialet gjekk vidare i oppgåveløysinga utan at Gunnar godkjente eller avviste narrativet han kom med. Slik som eg har påpeika tidlegare i analysen og diskusjonskapittelet, verka det som at Jakob fram til då var avhengig av Gunnar si godkjenning eller avvising. Når Jakob så gjekk vidare i oppgåveløysing utan støtte frå Gunnar, viste han at han meistra å konstruere eit narrativ og gå vidare i oppgåva på eiga hand. Dette er eit teikn på at Jakob individualiserte diskursen sin. Det betyr at Jakob vart i stand til å bruke og utvikle sitt eige matematiske språk utan å vere avhengig av – eller støtte seg på andre. Dette er eigenskapar som kan vere verdifulle for elevane sin matematikkfaglege samtale.

Analysen underbyggjer vidare Lavie et al. (2019) sin teori om at elevane kan nytte seg av fleire rutinar i same aktiviteten. Til forskjell frå tidlegare i delspelet, viste det seg nemleg at når elevane seinare løyste ei oppgåve i Phantom Fractions, synte dei teikn til at dei nytta seg av gjerning-rutinar. Dette kom særleg til uttrykk ved at elevane let vere å undersøke eit svar som dei potensielt meinte kunne vere riktig. Dette betyr at det var utforskande rutinar i starten av elevane si oppgåveløysing, men at ein seinare kan sjå teikn til at rutinar begynte å likne meir på gjerning-rutinar. Ei mogeleg forklaring på dette kan vere at elevane, i same utdrag som ein kan identifisere gjerning-rutinar, uttrykte at oppgåvene var repeterande. Ei slik oppfatning kom også fram i ein situasjon med Maja og Sander, der samtalen deira utover i delspelet hovudsakleg dreidde seg om at oppgåvene var repeterande. Det er sannsynleg at når elevane sitt fokus handlar om dette og ikkje det matematikkfaglege, vil også elevane sine utforskande tilnærmingar i staden gå over til å handle meir om å finne brøkar som kan fylle dei tomme boksane, slik at svaret blir riktig. Med andre ord kan dei repeterande oppgåvene vere eit hinder for den matematikkfagelge samtalen, og følgeleg også elevane sine utforskande tilnærmingar.

Det er heller ikkje talet på oppgåver som verka frustrerande for elevane, men at tala i oppgåvene er gjentakande. Det som skil oppgåvene er at elevane får ulike brøkar å velje mellom. I utdraget med Sander og Maja verkar det derimot som at det ikkje var tilstrekkeleg å berre utføre ei endring i brøkane, men at dei også bør endre svaret som oppgåva er ute etter (i dette tilfelle $\frac{8}{6}$). Avslutningsvilkåra til oppgåvene bør altså endrast slik at oppgåvene kan oppfattast som meir varierte. Samstundes bør oppgåvene si vanskegrad auke i større grad utover spelet, i tråd med Mayer og Johnson (2010) si vektlegging av kva funksjonar eit læringsspel bør ha. Dette er truleg eit overkommeleg grep som kan vere med på å unngå at slike oppfatningar hindrar elevane sine matematikkfaglege samtale, deira utforskande rutinar og at elevane blir frustrerte og umotiverte. På denne måten kan ein legge til rette for at fokuset hjå elevane i staden blir flytta over til matematikken i oppgåvene, og ikkje eit fokus på oppgåvene si oppbygging. Dette vil vere gunstig for elevane sin matematikkfagleg samtale.

6.3.3 Elevane sine roller i diskursen

Gjennom elevane sine ulike roller i situasjonen, der Gunnar skreiv ned regelen og Jakob heldt fram med å spele spelet, kan potensialet som Sfard (2007) hevdar er til stades kring narrativ på metanivå likevel reduserast som følgje av at elevane ikkje kommuniserte med kvarandre rundt desse. Det viste seg faktisk at ingen av para i studien samarbeidde kring formuleringa av sjølve regelen på oppgåvearket. I følgje Sfard er det diverre ofte eit visst maktforhold når det kjem til godkjenning av narrativ. Slik eg ser det, er konstruksjon av eit narrativ som blir skrive ned, også ein del av det å godkjenne eit narrativ. Dette viser seg tydleg i mitt materiale, der samarbeidspartnaren ikkje deltek aktivt i det som blir skrive ned på arket, men gjev det fulle ansvaret til medeleven. Det kan tenkjast at elevane ikkje hadde gjort ei slik rolledeling viss det hadde vore funksjonar i spelet som hadde fordra elevane til å formulere narrativ på metanivå, til dømes reglar av typen som oppgåvearket bad om. Dette kan sjåast i samanheng med at elevane i intervjuet uttrykte at oppgåvearket ikkje var så kjekt og at dei syntest at oppgåvene var vanskelege (vedlegg 5, utdrag 6). Ved å fokusere på ein og same aktivitet, har det eit større potensiale til å legge til rette for samtale om narrativa som spelet vil at elevane skal formulere. Dette kan igjen underbyggjast av Moon og Ke (2020), som seier at det er nødvendig at *spelet* kjem med instruksar som stimulerer til elevane sine matematikkrelaterte diskusjonar.

6.4 Matematikkfaglege samtalar i Cross Connector

Eit funn ved analyse av elevane sitt arbeid med Cross Connector var at elevane kom med tullete eller lite underbygde narrativ etter at dei gjennom oppgåvearket hadde fått i oppgåve å argumentere for vala sine i spelet. Ei mogeleg forklaring på dette er at oppgåvene i delspelet blir for enkle og lukka. Mayer og Johnson (2010) argumenterer for at spel må vere utfordrande nok for å kunne reknast som eit læringsspel. Følgeleg er det vanskeleg å argumentere kring oppgåvene, samstundes som dei ikkje gir noko rom for utforsking. Pope og Mangram (2015) påpeiker at fleire av matematikkspela som er tilgjengeleg på marknaden ser ut til å vere retta mot prosedyre- og hastigheitspraksis. Når oppgåvene er enkle og lukka, vil Cross Connector truleg leggje til rette for slike praksisar. Altså at delspelet bidreg til effektivitet og automatisering i elevane si oppgåveløysing, der fokuset i oppgåvene ligg på å lære ei bestemt prosedyre. Ei slik tilnærming er fleire forskarar (Byun & Joung, 2018; de Carvalho et al., 2016) skeptiske til.

I analysen av dette delspelet kan ein sjå tendensar til at elevane er opptekne av tid og tempo i oppgåveløysinga, og at dei nytta seg av gjerning-rutinar. Dette kan også vere ei mogleg forklaring på kvifor elevane ikkje nytta meir tid på å argumentere kring oppgåvene. På same måte er det nærliggjande å hevde at eit prosedyre- og hurtigbasert delspel også påverkar elevane si oppfatning av tid og tempo. Det er ikkje fruktbart for ein matematikkfagleg samtale viss fokuset ligg på å bli fort ferdig med ei oppgåve. Det må likevel nemnast at det å kome seg raskt vidare i spelet, ikkje nødvendig har noko med sjølve spelet å gjere, men at det er ein arbeidsmetodikk som elevane har elles i matematikktimane. Truleg kan slike tilnærmingar reduserast viss spelet legg til rette for Fiorella et al. (2019) sitt forslag om å utfordre elevane til å aktivt generere sine eigne forklaringar ved å svare på opne spørsmål i spelet.

Når eit delspel inneheld enkle og lukka oppgåver slik som Cross Connector, er det sannsynleg at også dette delspelet går innanfor kjenneteikna som Larkin (2015) beskriv for dei fleste digitale spel som vert brukt i matematikkundervising. Funna hans viser nemleg at fleirtalet av spel berre forbetrar grunnleggande ferdigheiter i matematikk. Slik som Pope og Mangram (2015) fremjar, er det å lære grunnleggande fakta og prosedyre også viktig. Samstundes er det berre ein liten del av det å vere matematisk dyktig. Til dømes nemner Gök og İnan (2021) at læringsspel bør legge til rette for matematiske prosessar, til dømes resonnement og bevis. Det å kunne resonnere heng tett saman med elevane si oppgåve om å argumentere for vala sine i spelet. Funna mine i dette delspelet kan vere døme på at dette er matematiske prosessar som det ikkje nødvendigvis blir lagt til rette for når fokuset er mest på forbetring av grunnleggande ferdigheiter. Læringsspel som legg til rette for slike ferdigheiter fokuserer ifølgje Byun og Joung (2018) hovudsakleg på prosedyrekunnskap i tema som algebra, geometri og måling. Det kan sjå ut som at Cross Connector også går innanfor dette fleirtalet, særleg med omsyn til at det ikkje engasjerer elevane i matematiske prosessar som problemløysing og resonnement, slik som Van Eck (2015) og Gök og İnan (2021) meiner digitale matematikkspel burde gjere. Når det ikkje blir lagt nok til rette for at elevane kan argumentere, utforske og bruke tid på oppgåvene, kan dette svekke delspelet sitt potensiale for å legge til rette for matematikkfaglege samtalar. Dette kan støttast opp mot Moon og Ke (2020) sin studie, som fremjar at det er nødvendig å gje instruksar i spelet som stimulerer til matematikkrelaterte diskusjonar og som slik kan leggje til rette for ei meiningsfull og reflektert spelbasert læring.

6.5 Eit heilskapleg blikk på matematikkspelet Numetry

Fram til no har eg teke føre meg fire av delspela kvar for seg, og sett på kva potensiale kvart av desse har. Ettersom det er nokre element og funn som vil vere gjeldande for heile spelet, og ikkje berre for nokre av delspela, vil eg vidare rette fokuset på Numetry med eit heilskapleg blikk. Eg har først drøfta moglegheiter knytt til funksjonar og design spelet har for å legge til rette for matematikkfagleg samtale, og deretter tilsvarande moglegheiter i undervisingsopplegget.

6.5.1 Moglegheiter knytt til funksjonar og design i spelet

Som nemnt tidlegare er det mest ideelt for Numetry sitt potensiale viss spelet legg til rette for utforskande deltaking hjå elevane. Eit element som ville vore gunstig for å fremje elevane si utforsking i Numetry, er om spelet hadde gitt tilbakemeldingar som oppmuntrar til utforsking av ulike strategiar og tilnærmingar. Litteraturgjennomgangen viser til dømes at eit design der pedagogiske agentar gjev positive tilbakemeldingar og tilbod om rettleiing og støtte når elevane prøvar ut ei ny tilnærming, uavhengig om dei lukkast, resulterer i auka uthald og motivasjon (Sjödén et al., 2017). Per i dag har alle delspela som denne studien har fokusert på inkludert ei form for agentar, men dei er i liten grad aktive i elevane si oppgåveløysing. Å inkludere ein slik type agent meir aktivt i spelet vil kunne auke elevane sitt uthald i økta. Det kan tenkjast å vere positivt, assosiert med elevane si utforsking i ei oppgåve. Auka grad av utforsking kan igjen bidra til å styrke den matematikkfaglege samtalen.

6.5.2 Moglegheiter knytt til undervisingsopplegget

Det kom fram i intervjua med elevane at dei tykte at det var kjekt å spele Numetry. Dei syntest vidare at det var fint å gjere noko anna enn å skrive og høyre på læraren (sjå vedlegg 5, utdrag 1). Dette kan sjåast i samanheng med Vanbecelaere et al. (2020) sin studie, som fremjar at årsaka til at elevane synest det er kjekt å spele læringsspel, er fordi læring er mest effektiv når den er aktiv og erfaringsbasert. Også Kebritchi et al. (2010) og Fokides (2018) sine funn fremjar at elevane synest det var kjekt å bruke spel i undervisinga, og at det ser ut til å ha spelt ei viktig rolle for læringsutbyttet elevane fekk i matematikk. Desse funna kan vidare sjåast i lys av Sfard (2008) sin teori. Ho ser på læring frå eit sosiokulturelt perspektiv, altså at læring utviklar seg gjennom *samhandling* med andre. Når studiar fremjar at elevane sine opplevingar, der dei synest det er kjekt å spele læringsspel, har bidratt til læringsutbyttet deira i matematikk, vil det i følgje Sfard vere eit utbytte som er kome som følgje av samhandling med andre på dette emnet. Det betyr at når eit læringsspel blir oppfatta som kjekt, kan det også bidra til faglege samtalar like fullt som eit læringsutbytte. Med grunnlag i tidlegare forsking og rammeverket som er brukt i studien min, vil eg difor argumentere for at funnet om at elevane synest det var kjekt å spele Numetry, kan vere ein positiv faktor som kan fremje matematikkfaglege samtalar blant elevane.

7.0 Oppsummerande refleksjonar

Vidare vil eg vil drøfte studien sine implikasjonar, før eg vil rette eit kritisk blikk på studien og gje anbefalingar for vidare forsking på temaet. Avslutningsvis kjem ein konklusjon der eg oppsummerer dei viktigaste funna mine.

7.1 Studien sine implikasjonar

Fullversjonen av matematikkspelet Numetry vart lansert på marknaden hausten 2022 og det kan difor reknast som eit nytt læringsspel. Studien min er den første som er gjort kring spelet, og er med på å underbyggje studien sin relevans og aktualitet. Når eit nytt læringsspel blir tilgjengeleg på ein marknad saman med mange andre spel, er det fleire grunnar til at det er behov for forsking knytt til dette. I ei tid der lærarar er pålagde å bruke digitale verktøy i undervisinga (Utdanningsdirektoratet, 2020a), kan det for det første vere vanskeleg for lærarar og skular å ta stilling til kva digitale ressursar som kan vere føremålstenlege å bruke i undervisinga. Denne studien, saman med anna forsking på læringsspel, kan samla bidra til å identifisere effekten av læringsspel, og eventuelt kva typar læringsspel som gjev dei resultata ein ønskjer. For det andre kan studien min vere eit bidrag for å støtte lærarar og skular som spesifikt ønskjer å nytte eit læringsspel som Numetry i undervisinga. Studien har blant anna gitt innsikt i korleis eit undervisingsopplegg kring Numetry kan utformast, kva moglegheiter spelet kan bidra til og korleis eit samarbeid kring spelet fungerer.

Eg har også peika på nokre element som kunne vore endra i Numetry, og som kan vere med på å auke potensialet spelet har for å legge til rette for matematikkfaglege samtalar. For lærarar som vil ta i bruk dette spelet, vil desse elementa vere nyttige å vere merksame på, slik at ein kan integrere spelet i undervisinga på best mogeleg måte. Til dømes kan det vere aktuelt å ha ein introduksjon til fellesnemnarar i brøk før elevane spelar Phantom Fractions. På same måte kan det også vere nyttig å leggje klare rammer for elevane i forkant av speløktene, som til dømes oppfordrar elevane til å ha ei undersøkande tilnærming til spelet. At lærarar får kunnskap om dette, kan bidra til å optimalisere bruken av Numetry. Det må i tillegg nemnast at utvikling av læringsspel ofte er ei stor økonomisk investering. For utviklarar av framtidige læringsspel i matematikk er det difor viktig med empiri på spel som Numetry, for å kunne kartleggje spela sine potensiale. Potensialet kan vidare vurderast opp mot kva effektar ein ønskjer å få ut av slike undervisingsmetodar. I denne studien har eg ikkje teke sikte på å seie noko om dette, men det kan vere eit aktuelt fokus for vidare forsking. På bakgrunn av det finst ulike syn på effekten av læringsspel (Clark et al., 2016a; Tokac et al., 2019) er dette også noko som er behov for å forske ytterlegare på.

Slik som Sfard (2001) etterlyser, har eg gjennom denne studien gjennomført ein nokså detaljert analyse av elevane sin kommunikasjon. Eg har ikkje funne nokre andre studiar som har analysert læringsspel opp mot dette teoretiske rammeverket. I tråd med Sfard si etterlysing, var det eit behov for å analysere også læringsspel opp mot denne teorien. Det har gitt meg moglegheiter til å seie noko om elevane sin diskurs i handling med spelet, og dermed indirekte litt om korleis dei tenkjer. Dette er moglegheiter som eg ikkje hadde hatt føresetnadar for å seie noko om viss eg ikkje hadde nytta Sfard si tilnærming. Denne studien gir difor innsikt i kva og korleis elevane tenkjer medan dei kommuniserer og samarbeider kring Numetry, noko som kan vere verdifullt for lærarar som vil ta i bruk spelet i matematikkundervisinga.

Samstundes vil ei vektlegging på diskursive eigenskapar vere ønskjeleg i lys av at Qian og Clark (2016a) hevdar det er lite kjent korleis læringsspel kan påverke tileigning av ferdigheiter som samarbeid og kommunikasjon. Fokuset mitt er likevel ikkje på *tileigning* av slike ferdigheiter, men dei vart undersøkte som del av studiet på elevane sin diskurs medan dei spelte Numetry. For at elevane skal lukkast etter avslutta skulegang, fremjar Ferguson (2014) at elevane treng undervising som har eit fokus på blant anna samarbeid og kommunikasjon. I sum er dette med på å underbyggje studien sin aktualitet. Det er grunn til å tru at denne studien, som har hatt ei vektlegging på samarbeid og kommunikasjon, kan vere eit ytterlegare bidrag til dette forskingsfeltet. På bakgrunn av forsking (Ke, 2008; Ran et al., 2022) som viser at læringsspel har hatt størst effekt når det er lagt til rette for at elevane kan samarbeide, bekreftar dette at vektlegginga mi også samsvarar med kva som blir rekna for å vere ei mest mogleg hensiktsmessig undervising når læringsspel blir brukt.

Til slutt har denne studien vist korleis bruk av Numetry i matematikkundervisinga kan vere ein måte å leggje til rette for undervising som er i tråd med ny læreplan. Som nemnt innleiingsvis, er nokre av fagfornyinga sine visjonar at lærarar skal bruke digitale verktøy for vidareutvikling og forbetring av elevane si læring (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Sjølv om denne studien ikkje har fokusert på å undersøkje elevane si læring, er det sannsynleg at matematikkfaglege samtalar vil vere eit sentralt utgangspunkt for etter kvart å nå læring i faget. At denne studien har vist at det er mogeleg at bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar, underbyggjer at læringsspelet kan vere eit sentralt verktøy for å oppfylle nokre av fagfornyinga sine visjonar. Den fremjar at faget *skal* leggje til rette for at elevane kommuniserer *om* matematikken (Utdanningsdirektoratet, 2020b). Samstundes er munnlege og digitale ferdigheiter to av dei fem grunnleggande ferdigheitene i læreplanen. Særleg munnlege ferdigheiter har eit sentralt fokus i matematikkfaget. Dette blir vektlagt i læreplanen, som seier at faget også skal legge til rette for samarbeid med andre gjennom utforsking (Kunnskapsdepartementet, 2019). Munnlege og digitale ferdigheiter er også to sentrale fokusområde i denne studien, og har relevans med kvarandre då digital kompetanse også handlar om samarbeid og kommunikasjon (Van Laar et al., 2017).

7.2 Kritisk blikk og vidare forsking

Det er fleire faktorar ved denne studien som kan vurderast med eit kritisk blikk. Den mest sentrale er truleg at studien tek føre seg eit lite utval av elevar. Funna mine kan difor ikkje generaliserast til å gjelde andre elevar. Dei kan heller ikkje seie noko om korleis elevane som har delteke vil handle i framtidige situasjonar, eller situasjonar som er annleis enn dei som oppstod i datamaterialet mitt. For vidare forsking vil det difor vere interessant å sjå på korleis andre elevar, variert på alder, gruppesamansetningar og faglege og sosiale ferdigheiter arbeider med Numetry. I denne samanhengen er det også nødvendig å understreke at fire av totalt seks elevpar ikkje er inkludert i analysen som følgje av at desse fire para kommuniserte i liten grad. For å belyse problemstillinga mi, var eg avhengig av å kunne analysere samtalane mellom elevane. Når samarbeidet var prega av lite kommunikasjon var det mindre fruktbart å fokusere på desse elevane. At så mange elevar måtte sjåast vekk frå, kan seie noko om at Numetry ikkje legg til rette for matematikkfaglege samtalar hjå alle elevar. Samstundes kan det vere at viss lærar hadde brukt meir tid i forkant av undervisingsøktene til å fortelje forskingsdeltakarane om viktigheita av å samarbeide, diskutere og utforske kring Numetry, kunne det bidrege til at fleire av dei hadde vore meir relevante å inkludere i analysen. Dette kan sjåast i samanheng med Moon og Ke (2020), som fremjar at elevane sitt føremål med oppgåveløysinga har påverknad på engasjementet deira. Kor vidt slike rammer påverkar elevane si deltaking med Numetry er interessant å undersøkje vidare.

Den metodiske tilnærminga eg har hatt til denne studien, der elevane fekk utdelt eit oppgåveark som var knytt til kvart delspel i Numetry, fungerte ikkje slik eg hadde sett føre meg. Sjølv om eg i forkant og undervegs i øktene var tydeleg overfor elevane på at dei skulle nytte oppgåvearket medan dei spelar Numetry, såg det ut til at elevane stadig gløymde eller oversåg dette. Det var i tillegg nokre elevar som poengterte i intervjuet at dei syntest at oppgåvearket ikkje var så kjekt og at det var vanskeleg (sjå vedlegg 5, utdrag 6). Dette kan vere ei mogeleg forklaringar på kvifor elevane hovudsakleg fokuserte på speling av Numetry. Eg har tidlegare argumentert for at utforskande tilnærmingar er gunstig og verdifullt for elevane si matematikkfaglege samtale. I nokre tilfelle fann eg indikatorar på at elevane nytta seg av utforskande rutinar, medan dei andre stadar viste teikn til å nytte seg av andre typar rutinar. Med omsyn til at det i fleire tilfelle ikkje såg ut til at spelet framkalla utforskande tilnærmingar, vil eg argumentere for at det enten bør gjerast nokre justeringar i spelet som får elevane til å bruke slike rutinar, eller at det er nødvendig med ein ytre påverknad som utfordrar elevane på dette. I forkant av datainnsamlinga mi trudde eg at oppgåvearket kunne vere eit døme på ei slik ytre påverknad, men det fungerte altså ikkje etter planen. Vidare forsking bør difor finne andre, meir engasjerande metodar for å få elevane til i større grad å nytte seg av utforskande rutinar. Det beste er viss elevane lærer seg å jobbe slik på eiga hand, men det kan vere vanskeleg å få til. Særleg med omsyn til at bruken av reglar og prosedyrar som vektlegg memorering og hurtigheit, er djupt forankra i kulturen og historia til matematikkundervisinga og spelar framleis ei dominerande rolle (Boaler, 2009; Herheim, 2016). Det er difor mogeleg at lærar bør ha ei meir aktiv rolle i elevane sin diskurs der hen gjennom utforskande spørsmål i større grad legg til rette for slike tilnærmingar. Dette blir opp til framtidig forsking å undersøkje.

Det er vidare nødvendig å trekke fram at Numetry har eit mykje større spelbibliotek enn det eg tok føre meg i denne studien. På grunn av tidsrammene som låg til grunn for studien, vart berre seks av delspela nytta i undervisingsøktene. Som følgje av at elevane sin samtale var mest interessant kring fire av delspela, er det to delspel som ikkje er inkludert i analysen. At to av spela i mindre grad framkalla ei samtale mellom elevane, er eit funn i seg sjølv, som må takast med i vurderinga av dei resterande funna. Delspela som er tekne fram i denne studien er altså ein liten del av kva Numetry tilbyr. Studien min av korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar har difor ikkje dekka heile spekteret av kva potensial spelet har, og må takast omsyn til i vurderinga av funna mine. I lys av dette vil det vere spennande om framtidig forsking kan ta føre seg fleire eller andre delar av Numetry som denne studien ikkje har fått belyst.

Med grunnlag i at eg har undersøkt elevar si samtale i arbeid med Numetry, var det relevant å sjå på forsking som tek føre seg elevar sitt samarbeid og diskursive mønster kring læringsspel i matematikk. Eg har derimot funne lite forsking som tek føre seg denne tematikken. Moon og

Ke (2020) har undersøkt læringsspel opp mot samarbeid og kommunikasjon mellom elevane. Dei meiner at det ikkje kjem tydeleg fram i tidlegare studiar om kor vidt det at elevane får jobbe i par påverkar effektiviteten og engasjementet i matematikkfaget. Det er følgeleg eit behov for å forske ytterlegare på dette. Eit slikt behov kan underbyggjast av elevane sine positive haldingar til - og erfaringar med å samarbeide om Numetry. Dette kom særleg til uttrykk i intervjuet med elevane, der blant anna Gunnar sa at det var «heilt fantastisk» å samarbeide kring spelet (sjå vedlegg 5, utdrag 3). Slike positive opplevingar kan truleg vere ein bidragsytar i arbeidet med å løyse utfordringar knytt til at elevar si oppfatning av nytteverdi (Nilsen et al., 2022) og motivasjon i matematikkfaget har gått ned (Wendelborg et al., 2020). Å leggje til rette for samarbeid mellom elevar er også nemnt som ein sentral verdi i den nye læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2019), noko som betyr at lærarar må ha kunnskap og innsikt i korleis det kan integrerast i undervisinga. Det er også med på å underbyggje kvifor det er viktig med forsking som tek føre seg dette, også innanfor bruk av læringsspel.

Det må til slutt nemnast at Sfard (2008) sitt rammeverk har vore utfordrande og tidkrevjande å setje seg inn i. Det er omfattande, og det er mogeleg at nokre element i rammeverket kunne vore inkludert, men som likevel ikkje vart det. Eg har valt å bruke dei delane av rammeverket som er mest nærliggjande å fokusere på i lys av problemstilling mi. Det er også naturleg at rammeverket er utarbeidd og brukt med basis i mine tolkingar og vurderingar av Sfard sin teori. Dette kan sjåast i lys av Presmeg (2016) sin studie som har sett på korleis fem artiklar nyttar seg av kommognisjon som analytiske briller. Gjennom denne studien fann ho ut at sjølv om alle artiklane nyttar aspekt av Sfard sin teori, blir ikkje desse førestillingane alltid nytta på same måte. I tillegg fann ho ut at det er fleire aspekt ved teorien som dei ikkje går inn på, noko som også er gjeldande for min studie. Det fører til at bruk av teorien har meir potensial enn det som blir realisert i dei studiane som er gjorde. I lys av dette bør vidare forsking halde fram med å nytte og skape forståing kring Sfard (2008) sin teori, fordi eg meiner at rammeverket har ein særeigen verdi for å få innsikt i elevane sine tankar kring matematikk ut frå kommunikasjonen deira.

7.3 Avsluttande oppsummering

I denne studien har eg undersøkt korleis bruk av Numetry kan leggje til rette for matematikkfaglege samtalar på 7. trinn. Sfard (2007) sitt teoretiske rammeverk er nytta som analytiske linser for å få innsikt i datamaterialet mitt, med utgangspunkt i dei fire diskursive kjenneteikna: Ordbruk, narrativ, visuelle mediatorar og rutinar. Sistnemnte kjenneteikn har vore den mest sentrale og har fungert som ein overordna kategori som har inkludert dei tre føregåande kjenneteikna. Eg har argumentert for at utforskande rutinar er det mest gunstige for Numetry sitt potensiale for å legge til rette for matematikkfaglege samtalar. I to av delspela, Rocket Payload og Phantom Fractions, har eg gjort funn som tyder på at elevane blant anna nytta seg av slike rutinar. Felles for elevane si oppgåveløysing i desse delspela ser ut til å vere eit fokus på å finne fleire løysingar i oppgåva. Eit anna fellestrekk når elevane nytta seg av utforskande rutinar er at spelereglane gjorde det mogeleg å flytte og dra i dei visuelle mediatorane i delspela, og at dette vidare var ein stor del av elevane sin kommunikasjon og handlingar. Delspela si tilrettelegging for at elevane måtte nytte dei visuelle mediatorane aktivt, framkalla fleire matematiske ord og vendingar. Det kan sjå ut til at dette også bidrog til elevane sin ulike ordbruk i Rocket Payload. Dette kan gje rom for at elevane utforskar fleire matematiske omgrep og perspektiv om same konsept, og vil følgeleg vere gunstig for elevane si matematikkfaglege samtale. I lys av dette tyder det på at spelet har lukkast med å legge til rette for ein matematikkfagleg samtale mellom elevane.

Eg har også funne indikatorar på at rituelle rutinar vart nytta når elevane spelte Rocket Payload. Til trass for at slike typar rutinar har eit mindre potensial til å leggje til rette for matematikkfaglege samtalar, vil det i følgje Sfard vere eit sannsynleg utgangspunkt, og ofte også nødvendig for elevane si seinare utvikling av utforskande rutinar. Når elevane arbeidde med Cross Connector og Door Decryptor, fann eg også døme på gjerning-rutinar. Felles for alle delspela er at elevane i større grad fokuserer på symbola eller elementa i spelet. Elevane fokuserer mindre på underbygging eller konstruksjon av narrativ, slik som det er døme på i Rocket Payload og Phantom Fractions. Eg har likevel argumentert for at også gjerning-rutinar kan skape mogelegheiter i form av at det kan vere bra å fokusere på konkreta som finst i spelet.

Vidare har eg funne teikn på at endring av bruksvilkåra i oppgåvene i eit av delspela har bidrege til ei auka meistringskjensle hjå elevane. Slike positive kjensler hos elevane vil truleg ha ein gunstig påverknad på elevane sin lyst til å halde ein samtale kring spelet, og for elevane si potensielle læring seinare. I kontrast til dette har eg funne at lukka og enkle oppgåver kan hindre elevane sine matematikkfaglege samtalar. Dette er ei mogeleg forklaring på kvifor elevane kom med tullete og lite underbygde narrativ kring Cross Connector. Ei anna forklaring er at delspelet i stor grad er hurtigbasert- og prosedyrebasert. Dermed kan det bidra til – og kanskje også forsterke at elevane ønskjer å kome seg fort vidare i spelet. Repeterande oppgåver i Phantom Fractions såg også ut til å hindre elevane sine matematikkfaglege samtalar, der elevane sine utforskande tilnærmingar utover i oppgåveløysinga gjekk over til gjerning-rutinar.

For å unngå at oppgåvene i delspela hindrar elevane sine matematikkfaglege samtalar, har eg støtta meg på teori som føreslår at elevane i større grad bør generere eigne svar på opne spørsmål. I denne studien har eg forsøkt å leggje til rette for ein slik praksis gjennom eit oppgåveark i tillegg til spelet, men det fungerte diverre mindre godt. Dette betyr at dei opne spørsmåla truleg bør vere implementert i sjølve spelet for å leggje til rette for meir refleksjon, argumentasjon og utforsking hjå elevane. Når elevane har slike tilnærmingar, er det nærliggjande å hevde at dette kan auke potensialet spelet har for å legge til rette for matematikkfaglege samtalar. Ei slik spelutforming kan også redusere det at elevane inntek ulike roller og arbeidsoppgåver i diskursen, der dei ikkje kommuniserer med kvarandre. I kombinasjon med tydelegare rammer frå lærar om kva som vert forventa når ein samarbeider kring Numetry, er det sannsynleg at slike opne spørsmål også kan bidra til at dei andre elevane som ikkje er inkludert i denne studien i større grad kunne ført ein matematikkfagleg samtale.

Referansar

Becke-Hansen, H. (2022, 17. august). *Gaming til bekymring og begeistring*. Blå Kors. https://www.blakors.no/fagside/gaming-og-dataspilling/#gaming-kan-vaere-fantastisk-men

Befring, E. (2015). *Forskningsmetoder i utdanningsvitenskap*. Cappelen Damm akademisk.

Boaler, J. (2009). *The elephant in the classroom. Helping children learn and love maths* (Rev. utg.). Souvenir Press.

Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C. & Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers and education*, *94*, 178-192. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003

Bray, A. & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends. *Computers and education*, *114*, 255-273. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004

Byun, J. & Joung, E. (2018). Digital game-based learning for K–12 mathematics education: A meta-analysis. *School science and mathematics*, *118*(3-4), 113-126. https://doi.org/10.1111/ssm.12271

Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E. & Killingsworth, S. S. (2016a). Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *86*(1), 79-122. https://doi.org/10.3102/0034654315582065

de Carvalho, M. F., Gasparini, I. & da Silva Hounsell, M. (2016). Digital Games for Math Literacy: A Systematic Literature Mapping on Brazilian Publications. *445*, 245-254. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31307-8_25

Ferguson, T. L. K. (2014). *Mathematics achievement with digital game-based learning in high school Algebra 1 classes* [Doktorgrad, Liberty University]. ProQuest. https://www.proquest.com/docview/1509130712?pq-origsite=primo

Fiorella, L., Kuhlmann, S. & Vogel-Walcutt, J. J. (2019). Effects of Playing an Educational Math Game That Incorporates Learning by Teaching. *Journal of educational computing research*, *57*(6), 1495-1512. https://doi.org/10.1177/0735633118797133

Fokides, E. (2018). Digital educational games and mathematics. Results of a case study in primary school settings. *Education and information technologies*, *23*(2), 851-867. https://doi.org/10.1007/s10639-017-9639-5

Freudenthal, H. (1981). Major Problems of Mathematics Education. *Educational studies in mathematics*, *12*(2), 133-150. https://doi.org/10.1007/BF00305618

Gök, M. & İnan, M. (2021). Sixth-grade students' experiences of a digital game-based learning environment: A didactic analysis. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, *6*(2), 142-157. https://doi.org/10.23917/jramathedu.v6i2.13687

Hana, G. M. (2014). *Matematiske tenkemåter*. Caspar Forlag.

Helle, L. (2019). Here, there and everywhere- et blikk på konteksten undervisningen foregår i. I A. Nevøy & L. Helle (Red.), *Profesjonsrettet pedagogikk: Innspill til læreres arbeid for inkludering* (1. utg., s. 121-152). Gyldendal.

Herheim, R. (2016). Matematikk som magi – hugsereglar og konsekvensar. I T. E. Rangnes & H. Alrø (Red.), *Matematikklæring for framtida. Festskrift til Marit Johnsen-Høines* (s. 129-146). Caspar Forlag.

Herheim, R. (2023). On the origin, characteristics, and usefulness of instrumental and relational understanding. *Educational studies in mathematics*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10649-023-10225-0

Hox, J. J. (1994). Hierarchical Regression Models for Interviewer and Respondent Effects. *Sociological Methods & Research*, *22*(3), 300-318. https://doi.org/10.1177/0049124194022003002

Hwa, S. P. (2018). Pedagogical Change in Mathematics Learning: Harnessing the Power of Digital Game-Based Learning. *Educational technology & society*, *21*(4), 259-276. https://www.jstor.org/stable/pdf/26511553

Høgskulen på Vestlandet. (2020). *Digitale læremidler og modellering*. HVL. https://www.hvl.no/forsking/gruppe/digitale-laremidler-og-modellering/

Katmada, A., Mavridis, A. & Tsiatsos, T. (2014). Implementing a game for supporting learning in mathematics. *Electronic Journal of E-Learning*, *12*(3), 230-242. https://academic-publishing.org/index.php/ejel/article/view/1695/1658

Ke, F. (2008). Alternative goal structures for computer game-based learning. *International journal of computer-supported collaborative learning*, *3*(4), 429-445. https://doi.org/10.1007/s11412-008-9048-2

Ke, F. (2014). An implementation of design-based learning through creating educational computer games: A case study on mathematics learning during design and computing. *Computers and education*, *73*, 26-39. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.12.010

Kebritchi, M., Hirumi, A. & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers and education*, *55*(2), 427-443. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.007

Kulturdepartementet. (2019). *Spillerom- Dataspillstrategi 2020-2022*. https://www.regjeringen.no/contentassets/42ac0925a3124828a2012ccb3f9e80c9/s pillerom---dataspillstrategi-2020-2022.pdf

Kunnskapsdepartementet. (2017). *Rammeverk for grunnleggende ferdigheter*. https://www.udir.no/laring-og-trivsel/rammeverk/rammeverk-for-grunnleggende-ferdigheter/2.1-digitale-ferdigheter/

Kunnskapsdepartementet. (2019). *Læreplan i matematikk (MAT01-05)* Udir. https://www.udir.no/lk20/mat01-05?lang=nob

Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utg.). Gyldendal akademisk.

Larkin, K. (2015). "An App! An App! My Kingdom for An App": An 18-Month Quest to Determine Whether Apps Support Mathematical Knowledge Building. I *Digital Games and Mathematics Learning: Potential, Promises and Pitfalls* (s. 251-276). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9517-3_13

Lavie, I., Steiner, A. & Sfard, A. (2019). Routines we live by: from ritual to exploration. *Educational studies in mathematics*, *101*(2), 153-176. https://doi.org/10.1007/s10649-018-9817-4

Lekang, T. & Olsen, M. H. (2019). *Teknologi og læringsmiljø*. Universitetsforlaget.

Mayer, R. E. & Johnson, C. I. (2010). Adding Instructional Features That Promote Learning in a Game-Like Environment. *Journal of educational computing research*, *42*(3), 241-265. https://doi.org/10.2190/EC.42.3.a

Medietilsynet. (2020). *Barn og medier 2020*. Medietilsynet. https://www.medietilsynet.no/globalassets/publikasjoner/barn-og-medier-undersokelser/2020/200402-delrapport-3-gaming-og-pengebruk-i-dataspill-barn-og-medier-2020.pdf

Moon, J. & Ke, F. (2020). Exploring the Relationships Among Middle School Students' Peer Interactions, Task Efficiency, and Learning Engagement in Game-Based Learning. *Simulation & gaming*, *51*(3), 310-335. https://doi.org/10.1177/1046878120907940

Moyer-Packenham, P. S., Lommatsch, C. W., Litster, K., Ashby, J., Bullock, E. K., Roxburgh, A. L., Shumway, J. F., Speed, E., Covington, B., Hartmann, C., Clarke-Midura, J., Skaria, J., Westenskow, A., MacDonald, B., Symanzik, J. & Jordan, K. (2019). How design features in digital math games support learning and mathematics connections. *Computers in human behavior*, *91*, 316-332. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.09.036

Nilsen, T., Kaarstein, H. & Lehre, A.-C. (2022). Trend analyses of TIMSS 2015 and 2019: school factors related to declining performance in mathematics. *Large-scale assessments in education*, *10*(1), 1-19. https://doi.org/10.1186/s40536-022-00134-8

Numetry. (u.å.). *La elevene spille seg gode i matte*. Numetrygame. https://www.numetrygame.com/laerere/

Phillips, C. J. (2017). Knowing By Number: Learning Math for Thinking Well. *Endeavour*, *41*(1), 8-11. https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.11.001

Plass, J. L., Homer, B. D. & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational psychologist*, *50*(4), 258-283. https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533

Pope, H. & Mangram, C. (2015). Wuzzit Trouble: The Influence of a Digital Math Game on Student Number Sense. *International journal of serious games*, *2*(4). https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i4.88

Postholm, M. B. (2005). Observasjon som redskap i kvalitativ forskning på praksis. *Norsk pedagogisk tidskrift*, *89*(2), 146-159. https://doi.org/10.18261/ISSN1504-2987-2005-02-07

Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanningen*. Cappelen Damm akademisk.

Presmeg, N. (2016). Commognition as a lens for research. *Educational studies in mathematics*, *91*(3), 423-430. https://doi.org/10.1007/s10649-015-9676-1

Qian, M. & Clark, K. R. (2016a). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in human behavior*, *63*, 50-58. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023

Ran, H., Kim, N. J. & Secada, W. G. (2022). A meta-analysis on the effects of technology's functions and roles on students' mathematics achievement in K-12 classrooms. *Journal of computer assisted learning*, *38*(1), 258-284. https://doi.org/10.1111/jcal.12611

Røgelstad, K. (2021). *Elevers matematikkfaglige samtaler i arbeid med en programmerbar robotball* [Masteroppgåve, Høgskulen på Vestlandet]. HVL Open. https://hdl.handle.net/11250/2770439

Savin-Baden, M. & Howell Major, C. (2013). *Qualitative Research. The essential guide to theory and practice*. Routledge.

Sfard, A. (2006). Participationist discourse on mathematics learning. *New Mathematics Education Research and Practice*, 153-170. https://www.researchgate.net/publication/303148993_Participationist_discourse_on_mathematics_learning

Sfard, A. (2007). When the Rules of Discourse Change, but Nobody Tells You: Making Sense of Mathematics Learning From a Commognitive Standpoint. *The Journal of the learning sciences*, *16*(4), 565-613. https://doi.org/10.1080/10508400701525253

Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating : human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge University Press.

Sfard, A. & Kieran, C. (2001). Cognition as Communication: Rethinking Learning-by-Talking

Through Multi-Faceted Analysis of Students' Mathematical Interactions. *Mind, culture and activity*, *8*(1), 42-76. https://doi.org/10.1207/S15327884MCA0801_04

Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel psychology*, *64*(2), 489-528. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2011.01190.x

Sjödén, B., Lind, M. & Silvervarg, A. (2017). Can a Teachable Agent Influence How Students Respond to Competition in an Educational Game? Artificial Intelligence in Education, Cham.

Skaug, J. H., Staaby, T., Husøy, A. & m.fl. (2017). *Dataspill i skolen*. Senter for IKT i utdanningen. https://www.udir.no/globalassets/filer/spill_i_skolen_-_notat_-revidert_2018.pdf

Tjora, A. H. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utg.). Gyldendal.

Tokac, U., Novak, E. & Thompson, C. G. (2019). Effects of game-based learning on students' mathematics achievement: A meta-analysis. *Journal of computer assisted learning*, *35*(3), 407-420. https://doi.org/10.1111/jcal.12347

Utdanningsdirektoratet. (2017, 15. november 2017). *Rammeverk for grunnleggende ferdigheter*. Udir. https://www.udir.no/laring-og-trivsel/rammeverk/rammeverk-for-grunnleggende-ferdigheter/2.1-digitale-ferdigheter/

Utdanningsdirektoratet. (2020a, 5. juni). *Utvikle digital kompetanse i skolen*. Udir. https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/utvikle-digital-kompetanse-i-skolen/#a154482

Utdanningsdirektoratet. (2020b). *Hva er nytt i matematikk?* Udir. https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fagspesifikk-stotte/nytt-i-fagene/hva-er-nytt-i-matematikk/

Van Eck, R. (2006). Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *EDUCAUSE review*, *41*(2), 16. https://er.educause.edu/-/media/files/article-downloads/erm0620.pdf

Van Eck, R. N. (2015). SAPS and Digital Games: Improving Mathematics Transfer and Attitudes in Schools. I *Digital games and mathematics learning: Potentials, promises and pitfalls* (s. 141-173). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9517-3_9

Van Laar, E., Van Deursen, A. J. A. M., Van Dijk, J. A. G. M. & De Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in human behavior*, *72*, 577-588. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010

Vanbecelaere, S., Van den Berghe, K., Cornillie, F., Sasanguie, D., Reynvoet, B. & Depaepe, F. (2020). The effects of two digital educational games on cognitive and non-cognitive math and reading outcomes. *Computers and education*, *143*, 103680. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103680

Wendelborg, C., Dahl, T., Røe, M. & Bruland, T. H. (2020). Elevundersøkelsen 2019: Analyse av Utdanningsdirektoratets brukerundersøkelser. *NTNU Samfunnsforskning* https://samforsk.no/uploads/files/Publikasjoner/Rapport-C-Elevundersokelsen-2019-WEB.pdf

West, B. T. & Blom, A. G. (2017). Explaining Interviewer Effects: A Research Synthesis. *Journal of survey statistics and methodology*, *5*(2), 175-211. https://doi.org/10.1093/jssam/smw024

Whitton, N. (2014). *Digital Games and Learning: Research and Theory*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203095935

Wouters, P., Nimwegen, C., Oostendorp, H. & Spek, E. (2013). A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games. *Journal of Educational Psychology*, *105*, 249. https://doi.org/10.1037/a0031311

Yong, S.-T., Karjanto, N., Gates, P., Chan, T.-Y. A. & Khin, T.-M. (2021). Let us rethink how to teach mathematics using gaming principles. *International journal of mathematical education in science and technology*, *52*(8), 1175-1194. https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1744754

Vedlegg

Vedlegg 1 – Oppgåveark knytt til undervisingsøktene

Alle figurane i dette vedlegget er skjermdumpar frå Numetry.

Oppgaveark knytt til

I denne økten skal vi fokusere på *samarbeid* og matematiske *diskusjoner* i arbeid med matematikkspillet Numetry. Løs oppgavearket og diskuter, lytt og snakk med hverandre mens dere spiller spillet.

To av oppgavene på dette oppgavearket har et hint som kan hjelpe dere med å løse oppgaven. Jeg oppfordrer dere å tenke selv, diskutere *sammen* og prøve-og feile før dere benytter dere av hintet.

Dere kan velge om dere vil begynne direkte på utfordringsmodus 1 og 2, eller starte med å løse historiemodus på de ulike oppgavene. Hvordan dere løser dette må begge være *enig* om. Det er også viktig at dere har en rettferdig arbeidsfordeling, der dere for eksempel bytter på hvem som styrer datamusen.

Cross Connector

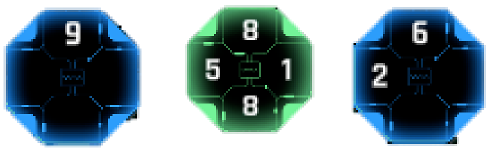
Argumenter høyt for hverandre hvorfor løsningen deres er riktig før dere drar tallene på plass i strømforsyningen.

Rocket Payload

Kan dere velge andre tall i oppgavene, som også kan være riktige svar? Hvor mange ulike løsninger klarer dere å finne til sammen?

Edge Matcher

Hvilke tallmønster oppdager du når du lager par- og tallkombinasjoner i oppgavene?



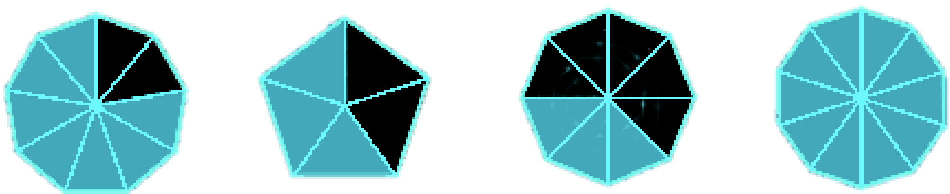
(Avsnittet under er meint som eit hint og er dekt av ein lapp som elevane kan fjerne viss dei ønskjer):

Eksempel: Hvis 3 + 9 blir 12, vil andre regnestykker med kombinasjonen 9 og 3 også gi 2 på enerplass, som for eksempel 33 + 49 =82.

Scale Bridge

Kan dere velge andre tall i oppgavene, som også kan vere riktige svar? Hvor mange ulike løsninger klarer dere å finne til sammen?

Phantom Fractions



Etter dere har løst oppgavene i Phantom Fractions-spillet sammen, lager dere en regel som viser hvordan man addere brøker og hvordan man kan redusere en brøk.

Skriv regelen her:

....

....

....

....

....

....

Argumenter høyt for hverandre for hvorfor regelen dere har laget stemmer.

Door Decryptor 

Ta utgangspunkt i oppgavene i Door Decryptor-spillet og lag to tekstoppgaver som passer til regnestykkene.

(Avsnittet under er meint som eit hint og er dekt av ein lapp som elevane kan fjerne viss dei ønskjer):

Tenk deg at symbolene representere ulike ting. For eksempel kan  symbolet være et symbol på alderen til Ylva, kan  være symbolet på alderen til Hans og kan  være symbolet på alderen til Fatima.

Vedlegg 2 – Intervjuguide

Intervjuguide

1. Har de brukt dataspel i undervisinga tidlegare?
    - Korleis arbeida dykk med dette?
    - Korleis synest dykk det var?
2. Kjenner de til Numetry frå før?
    - I kva samanhengar?
    - Kor mykje erfaring har de med Numetry frå før?
3. Kva synest de om å bruke spel som Numetry i undervisinga?
4. Korleis synest dykk det var å jobbe saman i par med Numetry?
5. For kvart oppdrag i Numetry må de gjennom eit «historiemodus». Kva synest de om det?
6. Kva (type) oppgåver kjente de på ei meistringskjensle?
7. Kva (type) oppgåver synest de var utfordrande/vanskeleg?
8. Kva synest de om oppgåvene de fekk utdelt på ark knytt til Numetry?
9. Ser de noko poeng med å bruke Numetry i matematikkundervisinga?
10. Kva har de lært ved å bruke Numetry denne undervisingsøkta?
    - Kva var det med spelet Numetry som gjorde at de lærte dette ekstra godt?

Vedlegg 3 – Infoskriv og samtykkeskjema

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Argumentasjon og kritisk matematikkundervisning i flerspråklige klasserom»?

Dette er et spørsmål om å delta i et forskningsprosjekt om argumentasjon og kritisk tenkning i matematikkundervisning. Her informerer vi om innholdet i prosjektet og hva deltakelse innebærer.

Bakgrunn og formål
Prosjektet handler om å fremme lærerstudenters kompetanse i å legge til rette for argumentasjon og kritisk matematikkundervisning for elever i flerspråklige klasserom på barnetrinnet. Dette kan være å kritisk kunne vurdere matematikkforklaringer og å se matematikkens rolle i argumentasjon om aktuelle samfunnsspørsmål. Skolene som er med i prosjektet er partnerskoler eller praksisskoler som allerede er en del av et samarbeid mellom Bergen kommune og Høgskulen på Vestlandet (HVL). Prosjektet varer i fire år og er et forskningssamarbeid mellom lærere og elever på barneskoler og tilsatte og studenter ved matematikklærerutdanningen ved HVL.

Som del av dette prosjektet ønsker en masterstudent (Maria Gravdal) å samle data der elever arbeider med det digitale læringsspillet Numetry i matematikk. Målet er å få innsikt i hvilket potensial bruk av matematikkspillet Numetry har til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

HVL er ansvarlig for prosjektet, og det er ledet av Professor Tamsin Meaney. Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Bergen Kommune, og det er støttet av Norges forskningsråd. Skolens rektor og matematikklærer stiller seg positiv til prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Vi ber om at du lar barnet ditt delta i prosjektet fordi vi ønsker å undersøke hvordan man kan bruke dataspill som et læringsfremmende verktøy i matematikkfaget. Det vil derfor bli gjennomført et opplegg hvor elevene skal arbeide med matematikkspillet Numetry i en undervisningsøkt.

Hva innebærer det for deg å delta?

Prosjektet innebærer at det vil bli gjennomført undervisning hvor elevene arbeider i par med matematikkspillet Numetry. I arbeid med spillet oppfordres elevene til å reflektere, diskutere og dele kunnskap. Det vil bli gjort video- og lydopptak av undervisningssituasjonen av utvalget av elever som ønsker å delta i prosjektet, samt parvise intervju med lydopptak i etterkant.

Det er frivillig å delta
Det er frivillig å delta i studien, og du/dere kan uten grunngiving når som helst trekke ditt/deres samtykke. Hvis du/dere trekker barnet fra prosjektet vil alle opplysninger om barnet bli anonymisert. Det vil ikke få negative konsekvenser hvis du/dere ikke ønsker at barnet skal delta, eller senere velger å trekke ditt/deres barn fra prosjektet.

Matematikkspillet Numetrys personverntiltak

Matematikkspillet Numetry spilles på internett, der de kan logge inn med et tilfeldig brukernavn og passord som er tilsendt av Eduplaytion, utviklerne av spillet i forbindelse med forskingsprosjektet. Brukernavn og passord som er tilsendt, samt avatarnavn, anonymisert enhetsinformasjon og bruksmønstre blir behandlet av Eduplaytion i den hensikt å kunne finne eventuelle feil i spillet, samt å forbedre tjenesten. Spillet registrerer ikke navn, e-post, telefonnummer, tilhørende skole eller andre kontaktopplysninger om barnet.

Ditt/deres barns personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker barnets opplysninger

Alle personopplysninger blir behandlet konfidensielt og personidentifiserbart materiale lagres på HVL sin forskningsserver, sikret med brukernavn og passord. Kun deltakere i prosjektgruppen (forskere og PhD- og masterstudenter) og eventuelt transkriberingsfirma har tilgang til materialet. Deltakere vil ikke kunne bli identifisert i publikasjoner.

Prosjektet skal avsluttes 31.12.2023. Etter denne dato vil alle personidentifiserende data slettes, og materialet vil ikke lengre være lagret på HVL sin forskningsserver. Videre bruk av dataene blir i presentasjoner, undervisning, eventuelle oppfølgingsstudier og senere forskning basert på transkribert og anonymisert materiale.

Dine/deres rettigheter
Så lenge ditt barn kan identifiseres i datamaterialet, har du/dere rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om barnet ditt,
- å få rettet personopplysninger om barnet ditt,
- å få slettet personopplysninger om barnet ditt,
- å få utlevert en kopi av ditt barns personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av ditt barns personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om ditt/deres barn?
Vi behandler opplysninger om ditt/deres barn basert på ditt/deres samtykke. På oppdrag fra HVL har Norsk senter for forskningsdata (NSD) vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?
Har du spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med

- Prosjektleder Tamsin Meaney på tlf.: 55 58 55 69 eller epost: Tamsin.Jillian.Meaney@hvl.no
- Masterstudent Maria Gravdal på tlf: 47 70 77 18, eller epost: mariagravdal99@gmail.com
- HVL sitt personvernombud: Trine Anikken Larsen, personvernombud@hvl.no
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost: personverntjenester@nsd.no eller telefon: 55 58 21 17.

Samtykkeerklæring forskningsprosjektet

Jeg/vi har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Argumentasjon og kritisk matematikkundervisning i flerspråklige klasserom» og fått anledning til å stille spørsmål.

Mitt barns navn er (bruk blokkbokstaver): ______________________________________

Jeg/vi samtykker til at barnet mitt/vårt kan:

- ☐ delta i videoopptak
- ☐ delta i intervju
- ☐ delta med elevarbeid

Jeg/vi samtykker til at mitt/vårt barns opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, 31.12.2023.

(Signert av elev, dato)

(Signert av prosjektdeltakers foresatte, dato)

Samtykkeerklæring for bruk av videoer:

- ☐ Jeg samtykker i at videosnutter der barnet mitt er med kan vises i presentasjoner på konferanser og undervisning

----

(Signert av elev, dato)

(Signert av prosjektdeltakers foresatte, dato)

Vedlegg 4 – Transkripsjonar frå undervisingsøktene

Alle figurane i dette vedlegget er skjermdumpar frå Numetry.

Utdrag 1:

Jakob Det er 26, det er 3 i frå! Men vi har 5 allereie..
Gunnar Ehmm..
Jakob Skal vi splitte den der? (Peikar på 43.)
Gunnar Kor mange treng vi i den? Vi manglar 18..?
Jakob Ja! Og på den andre manglar vi... 51.
Gunnar Vi trenger eigentleg berre å finne ut av ein av dei. Så viss vi manglar 18, kan vi lage 9 på kvar. Dette kan ta lang tid! (Delar 43 til 34 og 9 i splittarmaskina.)

[…]

Utdrag 2:

Jakob Oj!
Gunnar Her manglar vi 40!
Jakob Ja, og det kan vi jo...
Gunnar Vent, kva skjer om vi tar denne her opp til 39, og denne opp til 1 (Peikar på 43 og deler den til 39 og 4, og 23 til 1 og 22.)
Jakob Ok! Det er ein måte, det er ein anna måte! Der gjorde vi det faktisk!
Gunnar Mhm!
Jakob Og så blir det 24 der då!
Gunnar Den andre må på 1 (Delar 23 til 1 og 22 i splittarmaskina.)
Jakob Der er ein måte!

<u>Utdrag 3:</u>

[…]

Sander Den gir veldig mykje meining akkurat no. Vi prøvde nettopp begge? (Har prøvd alle vekteiningane som er tilgjengeleg på samlebandet). Dette ga veldig mye meining. (Ironisk tone.)
Meg *Det er lov å spørje viss dykk lurer på noko!*
Sander Ja, men eg trur dette er umogeleg, fordi vi har berre 54 her!
Meg *Eg forstår! Har dykk prøvd å bruke splittarmaskina?*
Sander Er det mogeleg?
Meg *Ja!*
Sander Er det mogeleg! (Prøver å dra 54 inn i splittarmaskina.) Nei det var jo heilt dumt! (Tar i staden inn minus 19 og drar 54 under 50.) Vi tar heller denne og splittar dei.

Meg	*Så kan dykk velje med pilene kva tal dykk ønskjer ut av splittarmaskina.*
Sander	Ahh, ja ok! Skal vi sjå. Minus 9, det hadde vert perfekt med minus 9! Eg er smart!
Maja	Mhm, dette klarte du bra!

[…]

Utdrag 4:

Jakob	14/8, det er jo ein meir enn halvparten. Så vi kan ha den (peikar på 8/8) og den (peikar på 9/10). Nei, kva meiner eg? Jo, eller nei..
Gunnar	Dei to! (Peikar på 8/8 og 6/8.)
Jakob	Ahh, der gløymte vi å lage så mange løysingar som mogeleg.

Utdrag 5:

Jakob	16/10..
Gunnar	Du må ta den og den. (Peikar på 10/10 og 6/10.)
Jakob	Ja! Her skal vi sikkert skrive ned noko.
Gunnar	Ja, det er 1/10 og 3/5. 1 og 3/5.

Utdrag 6:

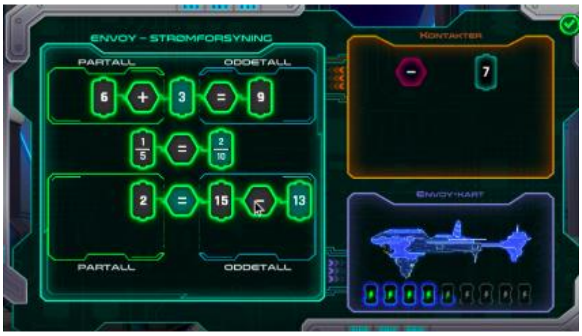
Sander	Eg vil lære ... Men dette er jo det same?
Maja	Ja, igjen og igjen heile tida ... (Drar 6/6 og 2/6 bort til svarfeltet.)

Sander	Men dette er 1 og 1/3 (Føreslår han når dei skal redusere brøken i spelet.)
Maja	Er ikkje det 1 og 1/3?
Sander	Dette er det same som vi nettopp hadde!
Maja	Det kjem igjen og igjen!
Sander	Kanskje det blir bedre på historiemodus!

Utdrag 7:

Gunnar	Vi er snart halvvegs!
Jakob	Mhm! 6 pluss 3 er lik 9.
Gunnar	Ja!

[…]



Utdrag 8:

Gunnar	No er vi halvvegs!
Jakob	Åtte er lik åtte. 14 minus ... Nei, 14 er lik ... fem.
Gunnar	Ehh ... Fem pluss sju er tolv, så då må..
Jakob	To!

[…]

Utdrag 9:

[…]
Gunnar 11 minus 9.
Jakob Ja! Det blir riktig!
Gunnar No har vi berre ei oppgåve igjen!

Utdrag 10:

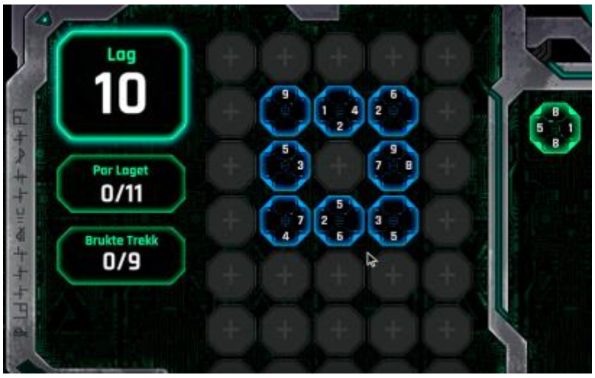
[…]
Gunnar Det må vere minus!
Jakob 12 minus 5 er lik 7. Sånn. Bra! No trur eg vi har gjort alt.
Gunnar Maks poeng!
[…]

Utdrag 11:

[…]

Sander	Men skal vi lage ti par samtidig? (Ser på meg og rettar spørsmålet til meg)
Meg	*Ja, det stemmer!*
Sander	Korleis skal vi gjere det?
Maja	Viss vi tar den i midten og så snur vi den!

[…]



Vedlegg 5 – Transkripsjonar frå intervju

Utdrag 1:

Meg	*Kva synest dokke om å jobbe med dataspel i undervisinga?*
Tor	Det er kjekt for då får vi noko anna å gjere på.
Gunnar	Heilt fantastisk!
Tor	Noko anna enn å skrive.
Gunnar	Då slepper vi å høyre på folk snakke heile tida!
Tor	Vi får lov til å spele, og så lærer vi i tillegg. Det er veldig gøy.

Utdrag 2:

Meg	*Kva erfaring har dokke med Numetry frå før?*
Aksel	Vi har hatt det eit par gangar. Det har vore ein valfri aktivitet viss vi har tid..
Tor	Ja! Når vi er ferdig med ein ting!
Aksel	Da kan vi velje å gjere det då. Eg veit at Jakob er veldig glad i å gjere det.
Jakob	Ja!

Utdrag 3:

Meg	*Korleis synest dykk det var å jobbe i par med Numetry?*
Alle i kor	Gøy!
Gunnar	Heilt fantastisk!
...	
Meg	*Fordi vanlegvis har dykk jobba med Numetry åleine?*
Jakob	Ehh ja.

Utdrag 4:

Meg	*Kva typar oppgåver kjente dykke på meistringskjensler?*
Jakob	Når vi klarte den der, der vi skulle lage par!
Gunnar	Ja! (ler litt)
Tor	Den med algebra.
Meg	*Kva oppgåve med algebra tenker dokke på?*
Aksel	Den med bokstavar! Dei rare bokstavane. (Refererer til Door Decryptor.)

Utdrag 5:

Meg	*Var det nokon oppgåver dokke synest var vanskeleg?*
Aksel	Ja, den med den paringa.
Gunnar	Ja, den var veldig vanskeleg!
Aksel	Den med dronane (Refererer til Rocket Payload).

Utdrag 6:

Meg	*Kva synest dokke om dei oppgåvene som dokke fekk utdelt på ark?*
Tor	Eg og Aksel vi satt oss fast.
Aksel	Vi synest ikkje dei var så kjekke.
Tor	Til og med hinta. Vi satt oss bom fast på dei!