

# Force Concept Inventory

*En undersøkelse av mekanikkforståelsen til  
FYS1000-studenter*

Tarjei Ferstad Aasen



Masteroppgave i fysikkdidaktikk

Fysisk institutt

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

27. mai 2013



© Tarjei Ferstad Aasen

2013

Force Concept Inventory – En undersøkelse av mekanikkforståelsen til FYS1000-studenter

Tarjei Ferstad Aasen

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo



## Abstract

This thesis is a statistical analysis of the results from a survey conducted on 206 students, who took the course FYS1000 at the University of Oslo during the of spring 2013. The main goal of the survey was to examine these students conceptual understanding in classical mechanics, using the Force Concept Inventory.

The Force Concept Inventory is a multiple-choice test which focus is to measure the participants' conceptual understanding. This focus makes it possible to conduct a quantitative survey, and to interpret the results from a constuctivistic point of view. During the course of this thesis, one of the main goals is to determine some of the most commonplace misconceptions among these students. By doing this, one hopes to shed some light on some of the concepts in classical mechanics, which could benefit from being given a little more attention in Norwegian classrooms.

To do this the different alternatives on each assignment will be classified by the misconception they are perceived to be connected to. This makes it possible to count up how often each of the misconceptions are chosen, and to identify the ones that are most common. This approach yielded two seemingly fundamental misconceptions: the *Motion-implies-force*-misconception (indicates insufficient conceptual understanding of *Newton's first and second law*) and the *Bigger-equals-more* misconception (indicates insufficient conceptual understanding of *Newton's second law*, net force and *Newton's third law*). I also found that these misconceptions are much more common amongst girls.

Another interesting point, which is indicated by the fact that *Motion-implies-force* is such a common misconception, is that a large proportion of the participants seem to have trouble differentiating between speed and acceleration. This has implications for effective physics instruction.

My recommendation, after analysing the results of this survey, is that during introductory physics courses, the difference between acceleration and speed should be emphasized to the students. The main reason for this is that one of the largest constraining factors for teachers is time. This makes it paramount to focus on the root of the problem. To do this I would recommend taking a teaching approach that emphasizes conceptual learning. The reason for this is that kinematics already is an important subject in Norwegian Upper Secondary School, but a lot of the subject matter is treated with an instrumental approach. This is problematic

since substituting numbers into formulas is not the best way to enhance deeper understanding among the students.

## Sammendrag

Denne masteroppgaven er en statistisk analyse av resultatene fra en undersøkelse, som ble gitt til 206 FYS1000-studenter våren 2013. Hovedmålet til undersøkelsen var å undersøke begrepsforståelsen til disse studentene i mekanikk, ved hjelp av the Force Concept Inventory.

The Force Concept Inventory er en multiplechoice-test som fokuserer på å undersøke deltakernes begrepsforståelse. Dette gjør det mulig å foreta en kvantitativ undersøkelse, og tolke resultatene fra et konstruktivistisk perspektiv. Oppgaven har som mål å belyse noen av de grunnleggende misoppfatningene som er vanlige hos disse studentene. Ved å gjøre dette håper man å belyse noen av begrepene knyttet til klassisk mekanikk, som med fordel kunne ha blitt vektet tyngre i fysikkundervisningen i Norge.

For å gjøre dette knyttes de forskjellige alternativene på de ulike oppgavene til kjente misoppfatninger, og en kvantitativ opptelling gjøres for å identifisere de vanligste alternative resonnementene. Fra dette fant jeg at de to desidert vanligste misoppfatningene blant deltakerne i undersøkelsen var *Bevegelse-krefter-kraft* (som indikerer manglende begrepsforståelse knyttet til *Newtons første- og andre lov*), og *Større-betyr-mer* (som indikerer manglende begrepsforståelse knyttet til *Newtons andre lov* og kraftsummer, samt *Newtons tredje lov*). Jeg fant også at begge disse er langt mer utbredt blant de kvinnelige deltakerne, enn hos de mannlige.

Et annet moment, som er sterkt indikert av at *Bevegelse-krefter-kraft* er en veldig utbredt misoppfatning i denne populasjonen, er at en stor andel av deltakerne ser ut til å skille dårlig mellom fart og akselerasjon. Dette kan gi implikasjoner i forhold til undervisning.

Min anbefaling, etter å ha undersøkt resultatene fra denne undersøkelsen, er at en i fysikkundervisningen bør jobbe med å gjøre forskjellene mellom fart og akselerasjon tydeligere for elevene. Grunnen til dette er at tid er en viktig rammebetingelse i undervisning, noe som gjør at det i de fleste sammenhenger er best å ta problemer ved rota. For å gjøre dette anbefaler jeg å fokusere på konseptuell undervisning, gjerne med dialogisk metode, for å få frem den begrepsmessige forskjellen mellom fart og akselerasjon. Grunnen til dette er at *vei-fart-tid* allerede er et stort tema i *Fysikk 1* i den norske skolen, men de fleste av oppgavene knyttet til dette er instrumentelle. Dette gjør at det er en overhengende fare for at en stor andel elever løser denne typen problemer kun ved hjelp av formler, og innsetting i disse. Det er ikke læring som fordrer forståelse.





## Forord

Etter snart seks år som student på Blindern, er det en merkelig følelse å se fristen for innlevering av denne oppgaven krype nærmere. Det er litt skummelt, litt spennende, litt stressende og litt avslappende til samme tid. En helt ny hverdag nærmer seg.

Heldigvis har jeg vært så heldig å få skrive en oppgave som er relevant for denne nye hverdagen. En ekstra bonus er at jeg har fått lov til å jobbe med oppgaven i et lite, men svært hyggelig miljø. Jeg er derfor svært glad for at jeg fikk muligheten til å skrive nettopp her på skolelaben ved Fysisk institutt. Til høsten skal jeg ut i skolen og prøve ut det lille jeg har funnet ut av. Vi får se om det hjelper. I alle tilfeller er det flere som fortjener en takk for at jeg nå sitter her og skriver dette forordet.

Først og fremst vil jeg takke mine veiledere Carl Angell og Øystein Guttersrund for gode råd, innspill, og pek i riktig retning gjennom hele arbeidet. Spesielt vil jeg takke Carl for hans hjelp og oppfølging, særlig under innspurten. Jeg vil også takke min kontorkamerat Fredrik Jensen for mange gode råd og tekniske innspill underveis.

Det er en grunn til at jeg har studert fysikk og matematikk istedenfor språkfag. Det er derfor på sin plass å takke de som har gjort denne oppgaven lesbar. Språkvaskerne som fortjener denne takken er: min mor Anne Aasen, min bror Martin Aasen og min venninne Ihna Stallemo.

Sist men ikke minst fortjener mine studiekamerater opp igjennom seks år her på Blindern en stor takk! Det hadde ikke vært det samme uten dere!

Oslo 25.mai 2013

Tarjei F. Aasen



## Innhold

Kapittel 1 - Innledning .....	1
1.1 - Bakgrunn.....	1
1.2 - The Force Concept Inventory .....	4
1.3 - Mål med undersøkelsen .....	7
Avdekke Misoppfatninger.....	7
Identifisere signifikante bakgrunnsfaktorer .....	7
Forbedre testen .....	7
Kapittel 2 – Teori .....	8
2.1 - Interessante begreper i forhold til diagnostisk analyse .....	9
2.1.1 - Bevegelse krever kraft .....	9
2.1.2 - Større betyr mer .....	11
2.1.3 - Andre påvirkninger .....	11
2.2 - Representasjonsformer og deres innvirkning problemløsning .....	13
Kapittel 3 – Metode.....	16
3.1 - Om FCI .....	16
3.1.1 – Validitet.....	16
3.2.2. – Reliabilitet .....	17
3.2 - Matematisk bakgrunn for analyse.....	18
3.2.1 - Cronbach's alpha .....	18
3.2.2 - Pearson's $r$ .....	19
3.2.3 - Zscore.....	21
3.2.4 - Faktoranalyse .....	21
3.2.5 –S-kurver og nivåinndeling av elever .....	23
Kapittel 4 – Presentasjon og drøfting av resultater .....	26
4.1 – Oversikt .....	26
4.2 – Kort om populasjonen .....	28

4.2.1 Faglig bakgrunn.....	28
4.2.2 Kjønnforskjeller .....	30
4.3 - Utelatte oppgaver .....	32
Oppgave 29 .....	32
Oppgave 36 .....	33
4.4 - Gruppering av oppgaver .....	34
4.4.2 – Resultater for grupperinger .....	36
4.5 - Analyse av enkeltoppgaver .....	43
Oppgave 21 .....	43
Oppgave 23 .....	46
Oppgave 26 .....	48
Oppgave 27 .....	51
Oppgave 32 .....	53
Oppgave 15 .....	56
Oppgave 34 .....	60
Oppgave 39 .....	62
Kapittel 5 – Sammenfatning, diskusjon og konklusjoner .....	65
5.1 – De vanligste misoppfatningene .....	65
5.1.1 – Bevegelse-krever-kraft .....	66
5.1.2 – Større-betyr-mer og Dominansprinsippet.....	67
5.2 - Faglig bakgrunn .....	68
5.3 - Kjønnforskjeller.....	68
5.4 - Overførings verdi til den videregående skolen .....	69
5.5 – Forslag til forandringer.....	69
5.6 – Implikasjoner for undervisning .....	71
Referanser.....	73

# Kapittel 1 - Innledning

I dette kapittelet presenteres bakgrunnen og motivasjonen for denne undersøkelsen. For å gjøre dette starter kapittelet med å se på motivasjonen for problemstillingen, samt gjennomgå relevant teori i forhold til dette. Så presenteres testen som skal brukes for å undersøke dette sammen med bakgrunnen til denne testen. Til slutt i kapittelet presenteres målene med undersøkelsen.

## 1.1 - Bakgrunn

Inngangsterskelen i fysikkfaget kan være høy for mange. Godt etablerte hverdagsforestillinger kolliderer med vitenskapen, og lar seg ikke kombinere med vitenskapens forklaringer. Elevene er nødt til å forholde seg til nye ideer som bryter med deres egne forestillinger. Plutselig blir ting de tidligere har tatt for gitt, snudd på hode. Logiske strukturer de har dannet for å forklare det de ser rundt seg blir ugyldige. De må ta til seg de nye forklaringene som presenteres, og prøve å få disse til å passe inn i den kunnskapsstrukturen som er der fra før (Dedic, Rosenfield, & Lasry, 2010). Betragtninger som før har virket meningsfulle og fornuftige blir konfrontert med vitenskapens syn, og det blir nødvendig å revurdere mye av det som før ble tatt for gitt.

En slik mental omstrukturering foregår ikke smertefritt, og mange vegrer seg derfor for å ta til seg det nye synet som presenteres i fysikken spesielt, og naturfagene generelt (Dedic et al., 2010). Dette er svært krevende for både lærere og elever, og hovedansvaret ligger hos læreren. Det er lærerens jobb å lette trykket på elevene så mye som mulig i denne prosessen. Det er et omfattende og tidkrevende arbeid man gir seg i fatt med når man skal lære naturfag. Å endre på innarbeidede forestillinger og forklaringsmodeller krever både tid og tålmodighet. For å gjøre dette noe lettere blir det viktig å bygge på det elevene allerede vet. Elevenes forkunnskaper bør sees på som en ressurs som kan utnyttes og utvikles. Det elevene vet, er kanskje den enkeltstående faktoren som påvirker læring i høyest grad, og bør derfor utforskes og utnyttes til det fulle (Angell et al., 2011). For å kunne gjøre det må man kjenne til nettopp hva elevene vet. Lærer kan ikke utnytte eller bygge på noe han eller hun ikke kjenner til.

Fra denne synsvinkelen blir kjennskap til elevenes begrepsapparat i fysikk et svært interessant tema. Ikke overraskende har det derfor blitt drevet mye forskning på nettopp dette området (Angell, 1996; Angell et al., 2011; Angell, Kjærnsli, & Lie, 1999; Clement, 1982; Dedic et al., 2010; Driver, Asoko, Leach, Scott, & Mortimer, 1994; Halloun & Hestenes, 1985; Hestenes & Wells, 1992; Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992; Huffman & Heller, 1995; Jauhiainen, Koponen, & Lavonen, 2001; Leach & Scott, 2003; Lie, Angell, & Rohatgi, 2010; Nieminen, Savinainen, & Viiri, 2010, 2012; Savinainen, 2001; Sjøberg, 2007). Kjennskap til elevenes kunnskap er en ressurs man aldri kan få nok av. Elevene lærer best når undervisningen ligger på et nivå de har evne til å mestre, uten at det blir for enkelt (Angell et al., 2011; Mathiassen, 2007). Elevens forkunnskaper bør derfor være en av de tyngstveiende faktorene for hvordan undervisningen legges opp. I fysikken, som for mange krever store omstruktureringer i eget tankesett, er dette ekstra viktig. Som lærer må man ha kjennskap til, og kunne identifisere, de vanligste og viktigste forestillingene elevene har. Dette er en nødvendighet for å kunne ta tak i disse og konfrontere dem med det vitenskapelige synet på en god måte (Angell et al., 2011; Leach & Scott, 2003). Det er også svært viktig å vite hvilke forestillinger som er de mest grunnleggende, siden man ikke har tid til å ta for seg hver enkelt av dem. Tid er en rammebetingelse både elever og lærere må leve med. Tiden må derfor brukes effektivt. Tanken er at dersom man klarer man å få elevene til å ta til seg og akseptere de grunnleggende ideene, vil mange av de mindre misoppfatningene også falle bort (Hestenes et al., 1992; Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006).

Det første emnet som vanligvis undervises for nye fysikkelever er klassisk mekanikk. Her møter mange elever for første gang *de Newtonske begrepene* [min begrepsoversettelse av *The force concept*] i en formell setting. Med *Newtonske begreper* menes her *vei-fart-tid*, akselerasjon, kraft (Newtons tre lover), Newtons gravitasjonslov, friksjon, og vektor-tolkningen av kraft, fart og akselerasjon. (Hestenes & Halloun, 1995; Hestenes & Wells, 1992). Konflikten mellom elevens oppfatning av virkeligheten og vitenskapens forklaring på fenomener de trodde de forstod, oppstår umiddelbart. Siden dette for mange elever er deres første møte med den vitenskapelige måten å tenke på er det derfor ekstra viktig å overbevise elevene om nytteverdien av den. Mens hverdagsforestillinger om forskjellige fenomener ofte er fragmenterte og kontekstavhengige, er *de Newtonske begrepene* konsistente (Angell, 1996; Angell et al., 2011). Derfor er det svært interessant å studere i hvor stor grad undervisningen lykkes med å få elevene til å ta til seg de vitenskapelige begrepene. Dette er ikke bare et faglig mål, men et mål i seg selv innenfor den naturfaglige allmenndannelsen (Kolstø, 2009). Å lese

i naturfag betyr mer enn å kunne avkode ord og setninger. Begreper og grunnleggende prinsipper i den vitenskapelige metode må være en del av apparatet som settes i gang når en vitenskapelig tekst skal tolkes (Kolstø, 2009; Norris & Phillips, 2003; Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010). I den moderne måten å se lærerens rolle på, som inspirator, tilrettelegger og guide, blir det da viktig å ha kjennskap til de største fallgruvene og vanligste alternative forklaringsmodellene (Angell et al., 2011). Klassisk mekanikk er også viktig hvis man tenker rent fysikkfaglig. Newtons lover og kraftbegrepet er helt nødvendige komponenter i en rekke temaer. Det er derfor nødvendig å være komfortabel med dette grunnlaget for å få en god start innenfor fagfeltet. Hvis ikke vil faget for mange elever føles som å ”svømme motstrøms”.

*The Force Concept Inventory* (FCI) er et nyttig verktøy for å prøve å finne ut mer om dette. Det ble utviklet for å hjelpe lærere og utdanningsforskere med å forbedre undervisningen innenfor dette området så mye som mulig (Hestenes et al., 1992). Nettopp derfor er det dette verktøyet som har blitt bruk i denne undersøkelsen.

## 1.2 - The Force Concept Inventory

Et av de mest benyttede verktøyene for å skaffe en oversikt over elevers forståelse av kraft og kinematikk, *the Force Concept Inventory* (FCI), ble publisert i 1992 og revidert i 1995 (Hestenes et al., 1992). FCI-testen er originalt en multiplechoice-prøve med 30 spørsmål. For hvert av disse spørsmålene er det fire eller fem alternativer, hvor ett representerer det Newtonske svaret, og resten representerer forskjellige populære gale svar i åpne utgaver av de samme spørsmålene. I denne oppgaven vil de gale alternativene bli referert til som *distraktorer*. Etter at FCI ble publisert har testen blitt brukt som grunnlag for å måle begrepsforståelsen, måle læringsutbyttet og identifisere hvilke av *de Newtonske begrepene* som er forstått og ikke i en lang rekke land. Testen er designet slik at det ikke er nødvendig med matematiske kunnskaper utover den norske grunnskolen. Videre er avanserte fysiske begreper som angulær moment utelatt. Det er derfor rimelig å anta at elever som har store problemer med testen, har det fordi de har store mangler i sin forståelse. Enten fordi de ikke behersker de grunnleggende teknikkene som kreves i klassisk mekanikk (vektorsummer, enkle likninger osv.), eller fordi de ikke har tatt til seg *de Newtonske begrepene*.

En av grunnene til at det har blitt så vanlig å se på elevers begrepsforståelse, er at denne ofte ikke måles godt nok i tradisjonelle prøver. Disse er ofte preget av nokså kompliserte regneoppgaver, men glemmer å sjekke elevenes forståelse. Problemet med denne trenden er at oppgaver som legger fokus på regningen ofte kan løses uten at de grunnleggende begrepene er forstått. Faren er at slike instrumentelle oppgaver gir både lærer og elever et galt inntrykk av hva som faktisk er lært. Mange elever kan løse slike oppgaver uten at den grunnleggende forståelsen av begrepene er på plass ved å støtte seg på formler og algebraferdigheter (Angell et al., 2011; Hestenes et al., 1992; Jauhiainen et al., 2001). Det er til dette formålet FCI-testen skal brukes i denne undersøkelsen, til å undersøke elevens kjennskap til *de Newtonske begrepene*. Fra et undervisningsperspektiv er dette svært interessant da mange av disse misoppfatningene er universelle (Hestenes & Wells, 1992; Hestenes et al., 1992). I den sammenheng er det viktig å påpeke at spørsmålene i FCI-testen er designet for å være meningsfylte selv for elever uten formell utdanning innenfor fysikkfaget (Hestenes & Wells, 1992; Hestenes et al., 1992). Grunnen til at dette er et viktig poeng er at ikke alle deltakerne i vårt utvalg nødvendigvis har noen formell bakgrunn i fysikkfaget.

Målet med undersøkelsen og FCI-testen er ikke bare å sjekke elevenes kompetanse innenfor *de Newtonske begrepene*, men også å avdekke en rekke vanlige misoppfatninger eller hverdagsforestillinger hos elevene. Dette er av interesse fordi det i høy grad er disse



hverdagsoppfatningene elevene basere sine resonnementer på når de skal løse oppgaver. Hverdagsoppfatninger er ofte basert på hverdagslige hendelser som elevene har observert en rekke ganger, og de vil derfor ofte ha større tiltro til disse enn de har til de nye prinsippene de lærer på skolen. Dette fører til at elevene ofte trekker gale konklusjoner når de skal løse oppgaver knyttet til bevegelse og til interaksjoner mellom fysiske objekter (Angell, 1996; Angell et al., 2011; Clement, 1982; Dedic et al., 2010). Distraktorene i FCI-testen har blitt utviklet for å virke logiske for elevene nettopp fordi mange av dem er basert på elevens argumentasjon i intervjusituasjoner hvor liknende oppgaver har blitt behandlet (Hestenes & Wells, 1992; Hestenes et al., 1992; Huffman & Heller, 1995). Det er derfor all grunn til å tro at mange av distraktorene virke svært tiltalende når elever som ikke bruker *de Newtonske begrepene* skal resonnere.

Det er viktig å påpeke at hverdagsforestillinger er vanlige nettopp fordi de synes å være fornuftige. Mange av disse har blitt holdt frem som sannheten av noen av historiens største tenkere, inkluderte både Galilei og Newton. FCI er derfor ikke en intelligens-test. På FCI-testen har tidligere intervjuer av deltakere vist at elever som har tatt til seg *de Newtonske begrepene*, sjeldent velger alternativer som strider mot disse begrepene. Det er med andre ord få tilfeller av at elever som burde klare en oppgave, feiler. Det er vanligere at elever som ikke har tatt til seg *de Newtonske begrepene*, velger riktig alternativ på grunnlag av andre tolkninger. Dette viser at mange hverdagsoppfatninger er der fordi de er nyttige, og kan brukes til å komme frem til riktig resultat i enkelte situasjoner. For å minimere dette problemet er spørsmålene designet slik at distraktorene på testen vil fremstå som logiske for personer med liten bakgrunn i fysikkfaget (Hestenes et al., 1992).

En av styrkene ved FCI-testen er at den krever at den som tar testen, tar et valg. Valget står mellom alternativet som representerer *de Newtonske begrepene* og alternativene som representerer forskjellige vanlige hverdagsforestillinger. En indikasjon på at dette virker, er at intervjuer har vist at elever ofte har gode grunner for de valgene de tar på testen. I disse intervjuene har man også funnet ut at elevene argumenterer for valgene sine ut i fra konteksten i oppgaven. At forestillingene ofte er kontekstbundene har gitt en verdifull innsikt i elevens hverdagsoppfatninger (Hestenes et al., 1992; Nieminen et al., 2012). Dette gjør det mulig å undersøke svarene til elevene på en måte som kan bidra til å forbedre vår forståelse av deres resonnering. Derfor er det ofte mer interessant å se på de gale svarene, enn på de riktige. Dette gjør det mulig å forsøke å identifisere noen av begrepene, eller hverdagsoppfatningene,

elevene bruker for å resonnere når de løser oppgaver (Dedic et al., 2010; Hestenes & Halloun, 1995; Hestenes et al., 1992).

Utgaven av FCI-testen som brukes i denne undersøkelsen inneholder 30 spørsmål fra 1995-utgaven av FCI som er oversatt til norsk. I tillegg er det lagt til 10 spørsmål for å øke undersøkelsen reliabilitet. Noen av disse er laget på Skolelaben i fysikk ved UiO, noen er basert på spørsmål fra TIMSS Advanced. Disse spørsmålene vil bli undersøkt nærmere i seksjon 3.1.1 hvor vi tar for oss testens validitet.

### **1.3 - Mål med undersøkelsen**

Når motivasjonen for undersøkelsen er redegjort for er det på tide å presentere målsetningen med undersøkelsen. Det er tre hovedmål med undersøkelsen:

#### **Avdekke Misoppfatninger**

Målet med undersøkelsen er i første rekke å avdekke de vanligste misoppfatningene hos norske fysikkelever. Deretter er det å identifisere de misoppfatningene det ser ut til å være vanskeligst for elever å gi slipp på. Særlig interessant i denne sammenhengen er det å se på de deltakerne som ser ut til å i stor grad mestre *de Newtonske begrepene*, hva er fortsatt vanskelig for dem?

- Hva er de vanligste misoppfatningene i mekanikk hos norske elever?
- Er det noen misoppfatninger som selv elever som har adoptert det Newtonske tankesettet har vansker med å gi slipp på?

#### **Identifisere signifikante bakgrunnsfaktorer**

Er det noen bakgrunnsfaktorer som slår signifikant ut på elevenes prestasjon på testen?

- Fysikkbakgrunn?
- Matematisk bakgrunn?
- Kjønn?

#### **Forbedre testen**

Siden det er første gangen denne versjonen av FCI brukes er det av interesse å undersøke hvordan modifikasjonene slår ut. Vi vil derfor ta for oss følgende spørsmål:

- Fungerer enkeltoppgavene som de skal?
- Hvordan er reliabiliteten og validiteten til testen som helhet?
- Hvilke justeringer bør gjøres?

## Kapittel 2 – Teori

I denne oppgaven er et av de viktigste målene å undersøke elevens forståelse av *de Newtonske begrepene*. Det er derfor interessant å si noe om teorien som ligger til grunn for måten elevenes begrepsforståelse forstås i denne undersøkelsen.

Det teoretiske grunnlaget for å se på elevens begrepsforståelse ligger i konstruktivismen, og tar utgangspunkt i Jean Piagets beskrivelse av individets kunnskap. Jean Piaget beskrev kunnskap som kognitive strukturer, bestående av kognitive skjemaer. I dette synet vil en hver læringsprosess innebære at disse strukturene utvides eller modifiseres slik at nye inntrykk passer inn i helheten. Dersom nye inntrykk er i samsvar med de allerede eksisterende skjemaene og strukturene, forsterkes disse (Angell et al., 2011). Dette gjelder altså dersom de nye inntrykkene er i samsvar med det individet kan fra før. Hvis det derimot oppstår en konflikt mellom eksisterende kunnskap og nye inntrykk, kan én av to ting skje. Enten vil den nye kunnskapen avvises, fordi den ikke er forståelig eller plausibel, eller så vil skjemaene og strukturene endres for å implementere den nye kunnskapen. Som Angell skriver kalte Posner denne omstruktureringen for akkommodasjon (Angell et al., 2011; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). Det har vist seg at denne akkommodasjonen ofte ikke finner sted hos elever. Selv oppe på langt høyere nivå enn videregående skole finner man elever som har beholdt sine hverdagsforestillinger, uten å ta til seg *de Newtonske begrepene* (Angell et al., 2011). I følge konstruktivismen etableres kunnskap gjennom en tilpassningsprosess, hvor individets forståelse av sammenhenger testes ut og tilpasses til den samsvarer med individets oppfatning av virkeligheten (Angell et al., 2011; Posner et al., 1982). Når elever så høyt opp i systemet fortsatt støtter seg til sine hverdagsoppfatninger, bør det være klart at undervisningen kan forbedres.

Et av de viktigste formålene med FCI blir da å skaffe til veie et overblikk over elevenes forståelse (Hestenes et al., 1992). Å vite så mye som mulig om elevenes forståelse av *de Newtonske begrepene* er avgjørende. Alt som kommer etter dette i klassisk mekanikk, er i større eller mindre grad, basert på disse grunnbegrepene. For å få denne oversikten er det nødvendig å definere et begrepsapparat som kan brukes til å analysere elevenes svar på FCI-testen. Definisjonene som vil bli brukt i denne oppgaven, følger i neste seksjon.

## 2.1 - Interessante begreper i forhold til diagnostisk analyse

Forfatterne av den originale FCI-testen delte *det Newtonske kraftkonseptet* inn i fem dimensjoner; kinematikk, impetus, aktivkraft, årsak-/virkningspar og kraftsummer (Hestenes & Halloun, 1995). I denne oppgaven brukes en inndeling som har mye til felles med Hestenes og Hallouns, men i et noe forenklet format. Dette ble vurdert til å være hensiktsmessig, siden det fort blir vanskelig å hente ut brukbar informasjon dersom man ser på alt for mange forskjellige klassifiseringer av distraktorer. De forskjellige distraktorene ble derfor delt inn i noe større grupperinger enn de som ble valgt av Hestenes og Halloun. Noen av deres dimensjoner er slått sammen, og noen er utelatt. I denne seksjonen presenteres og defineres de begrepene som kommer til å bli benyttet i denne oppgaven.

### 2.1.1 - Bevegelse krever kraft

Elever er ofte opptatt av å forklare hvorfor ting beveger seg. Deres observasjoner av omverdenen tilsier at alt som ikke påvirkes av en kraft vil falle til ro etter en viss tid (Angell, 1996; Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985; Jauhiainen et al., 2001; Sarnowsky, 2007). Dette står i motsetning til klassisk mekanikk, hvor vi må forklare hvorfor bevegelser stopper eller forandrer seg (Sarnowsky, 2007). Siden elevenes observasjoner forteller dem at den naturlige tilstanden til ting er å være i ro, må det være en årsak til at ting beveger seg. Denne oppfatningen kalles *Bevegelse-krever-kraft* (Clement, 1982). Angell beskriver noen oppfatninger som på mange måter ligner på denne, diSessas phenomenological primitiver *Force as a mover* og *Continuous push* (Angell, 1996; diSessa, 1993). Her brukes imidlertid en bredere definisjon. *Bevegelse-krever-kraft* er her fellesnavnet på alle forklaringsmodeller hvor elevene er av den oppfatning at en bevegelse (spesielt når farten er konstant) impliserer at det må være en nettokraft som virker dersom et legeme beveger seg. En heis kan ikke gå oppover uten at det virker en nettokraft oppover (Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985; Jauhiainen et al., 2001; Sarnowsky, 2007). Unntaket til dette er impetus (tanken om en iboende kraft i et objekt), som sees på som en relativt godt definert undergruppe av *Bevegelse-krever-kraft*. I forhold til *Impetus*, som gjerne omhandler objekter som ikke er i kontakt med noe, eller et objekts bane etter at kreftene har sluttet å virke på det, kommer denne oppfatningen ofte frem når det er én eller flere krefter som virker på et objekt samtidig (Angell et al., 1999; Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985; Sarnowsky, 2007). En annen viktig faktor som gjør at impetus skiller seg ut er at i situasjoner hvor impetus brukes er farten sjeldent konstant. Grunnen til denne oppfatningen er mest sannsynlig at elever ikke

differensierer på fart og akselerasjon. I stedet brukes begrepet bevegelse. Dette gjør at det ikke er noe klart skille mellom akselerert og ikke-akselerert bevegelse (Hestenes et al., 1992). Når bevegelse sees på som noe som må ha en årsak, uavhengig av om den er akselerert eller ikke, blir det nødvendig med en kraftsum som virker i bevegelsesretningen. Hva opphavet til denne kraften er ofte uklart, og i noen tilfeller vil det være vanskelig å avgjøre om det er snakk om et *Bevegelse-krever-kraft-* eller *Impetus*-resonnement fra elevenes side.

### ***Impetus***

Både *Bevegelse-krever-kraft-* og *Impetus*-oppfatningen bygger på oppfatningen om at bevegelse krever en eller annen kraft. Derfor sees impetus i denne oppgaven som en undergruppe av *Bevegelse-krever-kraft-*oppfatningen. *Impetus* er fellesbetegnelsen på flere vanlige måter å forklare hvorfor ting beveger seg når det ikke er noen agent (f.eks. en person) som aktivt utøver kraft på et objekt. Oppfatningen har røtter som strekker seg helt tilbake til Aristoteles tid (Angell et al., 1999; Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985; Jauhiainen et al., 2001; Sarnowsky, 2007).

En passende metafor for å forklare hva som menes med impetus, kaller vi Batteriforklaringen. I Batteriforklaringen tenker man seg at en aktiv agent lader opp et objekt med en kraft som gjør at objektet kan bevege seg. Denne kraften avtar på grunn av motstand i mediet objektet beveger seg i, eller på grunn av andre krefter som virker i mot objektets bevegelse (Angell et al., 1999; Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985; Jauhiainen et al., 2001; Sarnowsky, 2007). Et eksempel på dette kan være en ball som kastes opp i luften. Mange elever vil si at så lenge ballen går oppover er det fordi kraften fra kastet er større en gravitasjonskraften. Kraften fra kastet avtar så gradvis opp mot toppen av banen, hvor den til slutt er blitt brukt opp. Her ifra er det bare gravitasjonskraften som virker, og ballen begynner å falle i den retningen gravitasjonskraften virker (Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985). En annen vanlig forklaring på bevegelse er treningsforklaringen. Dette er forklaringen som oftest brukes for å argumentere for sirkulær impetus (Halloun & Hestenes, 1985). I denne forklaringen kan objekter bli trent opp til å bevege seg i forskjellige baner. Ett eksempel kan være en ball som ruller ned gjennom et spiralformet rør og fortsetter å rulle bortover en flate etter at den har forlatt røret. For elever som har denne oppfatningen sees turen gjennom røret som en treningsfase hvor ballen lærer seg å gå i sirkel. Når den etter denne fasen forlater røret har den lært å gå i en sirkulær bane, og vil derfor fortsette med dette (Hestenes et al., 1992).

### 2.1.2 - Større betyr mer

En veldig vanlig oppfatning er at objekter med større masse faller fortere og utøver større kraft i kollisjoner enn objekter med mindre masse. Større fart, eller større masse, betyr større kraft (Halloun & Hestenes, 1985). Denne typen tenkning erstatter typisk *Newtons tredje lov*. I en kollisjon mellom en bil og en lastebil vil lastebilen utøve større kraft på bilen. Elever tolker interaksjoner ved hjelp av en konfliktmetafor, den sterkeste overvinner den svake. De støtter seg til et dominansprinsipp hvor den største eller tyngste utøver større kraft, og fullstendig nuller ut den andre. Denne misoppfatningen har mye til felles med diSessas p-prim *Ohm's lov*, slik det beskrives av Angell (1996). Konfrontert med *Newtons tredje lov* kommer ofte *Dominansprinsippet* vinnende ut. Det virker svært fornuftig og har vært en del av tankesettet til mange elever fra ung alder. Elevene har sett nok av situasjoner hvor det letteste objektet blir slengt lengst bort og får større fart etter en kollisjon. *Større-betyr-mer* er faktisk ofte den hverdagsoppfatningen elever sist gir slipp på (Hestenes et al., 1992). En mulig grunn til at dette virker så fornuftig er at kraft blandes med akselerasjon. Dersom kreftene er like vil et lett objekt akselereres mye, mens et tungt objekt akselereres lite, som i eksempelet med en kollisjon mellom en personbil og en lastebil.

Det er ikke bare i forhold til krefter dette prinsippet nyttes av elevene. Superposisjons-tolkningen man i fysikken bruker for å finne vektorsummer, blir ofte på samme måte erstattet med et dominansprinsipp. Elevene ser på nettobevegelsen som resultatet av en kamp mellom de forskjellige faktorene som kjemper for å dominere bevegelsen (Halloun & Hestenes, 1985). Ett eksempel på dette kan være at mange elever vil mene at banen til en kule går horisontalt et stykke før den begynner å falle, fordi farten er så stor i starten at tyngdekraften ikke får tak (Clement, 1982).

### 2.1.3 - Andre påvirkninger

I denne seksjonen presenteres noen faktorer som med stor sannsynlighet kan påvirke elevenes resultater og resonnementer i noen oppgaver, men som hver for seg sannsynligvis vil være vanskelige å skille ut som enkeltfaktorer. Distraktorer som representerer disse faktorene, ser i liten grad ut til å være representert. Der det er grunn til å tro at de kan være med å påvirke elevenes valg, er de ofte sammenfiltrert med en eller flere av de overnevnte begrepene. Derfor vil det ofte være vanskelig å peke på en av disse faktorene når en oppgave skal undersøkes.

### ***Miljøet som hindringer***

I motsetning til i klassisk mekanikk finnes det ikke én enkelt hverdagsoppfatning for begrepet kraft. I tillegg til aktiv kraft finnes det i elevenes øyne ofte en rekke andre ting som ser ut til å påvirke bevegelse. Hindringer som stoler og vegger er eksempler på dette. Siden kraft ikke er et godt definert begrep for mange elever snakkes det isteden om at *ting kommer i veien*. Disse objektene utøver ingen kraft på objektet som er i bevegelse. Masse for eksempel, sees på som en slags motstand som en aktiv agent må overvinne før impetus kan overføres og en bevegelse kan startes. Oppfatningene som baserer seg på dette synet har til felles at bevegelser kun starter etter at motstanden er overvunnet, og opphører når kraften blir *for svak* til å holde bevegelsen i gang (Hestenes et al., 1992). Andre eksempler kan være vann, busker eller gress, som alle er ting som kan *komme i veien* for en bevegelse og lager motstand som må overvinnnes.

### ***Kinematikk***

I forhold til kinematikk er det egentlig ikke passende å snakke om vanlige hverdagsforestillinger, isteden passer det seg å påpeke at for mange er bevegelse et vagt og dårlig definert begrep (Heller & Huffman, 1995). For mange er forskjellen på fart og akselerasjon ikke-eksisterende, man snakker om at noe enten beveger seg, eller er i ro. Dette er et eksempel på begreper som blir problematiske når det skilles klart mellom dem i fysikken, men ikke hos folk flest (Huffman & Heller, 1995). Testen forsøker å måle om begrepene posisjon, fart og akselerasjon er elementer studentene klarer å differensiere, i tillegg til om studentene har grep om vektornaturen til fart og akselerasjon (Heller & Huffman, 1995).

### ***Definering av systemer***

Et annet problem mange elever ser ut til å ha, og som ikke alltid er like lett å skille fra de underliggende misoppfatningene, er inndeling av systemer. Dette kan gjelde valg av referansesystem når noe slippes ut av en bil i fart, eller inndeling av delsystemer når man ser på oppgaver som dreier seg om koblede systemer. Det ser ikke ut til at det ikke differensieres på to motsatt rettede krefter og kraft/motkraft (Hestenes et al., 1992). Å isolere hvilke krefter som virker på hvilke objekter, ser ut til å være problematisk for mange. Dette gjør at kraftsummer og kraft/motkraft ofte blandes sammen til ett begrep, eller at en eller annen form for *Større-betyr-mer*-logikk brukes.



## 2.2 - Representasjonsformer og deres innvirkning problemløsning

I vitenskapelige tekster brukes det en rekke forskjellige representasjonsformer. For å overbringe informasjon til leseren er det ofte i tillegg til brødteksten nødvendig med grafer, figurer, formler, tekstbokser og så videre (Angell et al., 2011; Kolstø, 2009; Nieminen et al., 2012; Norris & Phillips, 2003; Pearson et al., 2010). Naturfagene, og særlig fysikkfaget, inneholder ofte teorier som krever at mange dimensjoner av teorien må sees i forhold til hverandre for at det fulle bildet skal komme frem (Angell et al., 2011). Noe så enkelt som et skrått kast krever for eksempel at en ser på rommet i to dimensjoner, i tillegg til at en tar hensyn til tidsdimensjonen, og for å illustrere det skader det heller ikke med en grafisk fremstilling eller et forsøk som viser situasjonen.

Fra et didaktisk standpunkt har det å bruke forskjellige representasjonsformer har tre hovedformål innenfor innen undervisning:

- 1) Å komplimentere andre representasjoner. Mange temaer og begreper innenfor realfagene er for kompliserte og sammensatte til å kunne forklares kun verbalt eller billedlig. Mange krever en kombinasjon av matematiske fremstillinger, grafer, figurer og tekst for å kunne dekkes fullstendig.
- 2) Å snevre inn andre representasjoner. Grafer kan brukes som hjelpemidler for å tolke likninger eller funksjoner. Tekst kan brukes for å forklare innholdet i likninger og betydningen av variabler.
- 3) Å fostre en helhetlig forståelse. Ofte vil ikke én enkelt representasjon gi nok informasjon til at det er lett å trekke en konklusjon, så elever vil være avhengige av å bruke flere formater, og knytte trådene mellom disse, for å kunne skaffe seg et overblikk over begrepene (Nieminen et al., 2010).

Selv om det er mye å tjene på å benytte mange representasjoner er det også problemer med dette. Elever har ofte ikke noen særlig trening i å utnytte forskjellige representasjoner, og resultatet er ofte forvirring. Det å veksle mellom forskjellige representasjoner som tekst, grafer, figurer og illustrasjoner er ofte krevende for elever (Angell et al., 2011). På samme måte er det ofte krevende å kytte et forsøk til teorien bak det, enten denne er i form av tekst, formler eller figurer. Mange elever mangler strategier for å håndtere oppgaver og tekster som krever denne typen ferdighet. Som lærer er det ikke alltid like lett å være klar over dette, fordi det for lærer ofte er en automatisert prosess som ikke ofres noen særlig ettertanke. Det er interessant å se på fordi det er et mål i den norske allmenndannelsen at elevene skal kunne lese naturvitenskapelige tekster for å ta del i den offentlige debatten (Kolstø, 2009; Nieminen

et al., 2010; Norris & Phillips, 2003). Elevene skal trenes opp til å kunne lese avis- og forskningsartikler på en kritisk måte. For å kunne gjøre dette må de beherske forskjellige representasjoner av informasjon.

Det er ikke bare representasjonsformen som kan være forvirrende, men også konteksten. Elever kan for eksempel klare oppgaven om hockeypucker på isen (oppgave 8, vedlegg 1), men får problemer med den *isomorfe*<sup>1</sup> oppgaven om en rakett i verdensrommet (oppgave 23, vedlegg 1) (Huffman & Heller, 1995). Undersøkelsen til Nieminen et al. (2010) indikerte at det er svært krevende for elever å være konsekvente i sin bruk av vitenskapelige begreper når konteksten til oppgaver endres. Derfor er det viktig å trene opp elevene til å beherske en rekke forskjellige representasjonsformer. Ved å hjelpe elevene med å lære seg å kunne konstruere flere måter å representere sin forståelse av et begrep på, og å kunne veksle mellom disse representasjonene, håper man å gjøre dette lettere (Nieminen et al., 2010). Utover det rent praktiske (å kunne lese og vurdere vitenskapelige tekster) er dette også en type ferdighet som har mye til felles med den naturvitenskapelige metode. Strategiene man må ta i bruk for å mestre dette, har overføringsverdi til å kunne koble sammen det verbale- og det matematiske aspektet innenfor naturfagene (Kolstø, 2009). Forskjellige representasjonsformer kan med andre ord hjelpe med å tegne opp et meningsfylt bilde av begreper som ellers kan være vanskelige å se som noe annet enn matematiske symboler (Nieminen et al., 2010). Det er derfor fornuftig å anta at elevers læringsutbytte påvirkes av deres evne til å bytte mellom, og tolke, forskjellige representasjonsformer (Nieminen et al., 2012). Dette gjør at forskjellige representasjonsformer er et viktig tema innenfor skoleforskning. Evnen til å gå mellom forskjellige representasjoner er ofte en nødvendig ferdighet for å kunne tilegne seg det stoffet, og den forståelsen, som kreves for å nå et fornuftig forståelsesnivå innenfor naturfagene (Nieminen et al., 2010).

Grunnen til at dette er et tema i denne undersøkelsen er at det er umulig å konstruere en rekke oppgaver om for eksempel *Newtons tredje lov* uten å forandre konteksten og representasjonsformen. Siden både konteksten og representasjonen påvirker elevers evne til å kunne løse et problem, er det viktig å være klar over dette. For de forskjellige begrepene vil det være noen måter å representere stoffet på som er mer hensiktsmessige enn andre. For eksempel er en vektorrepresentasjon passende for *Newtons tredje lov*, mens en strekning-tid-graf eller et bevegelsesdiagram (oppgave 19, vedlegg 1) vil være mindre egnet (Nieminen et

---

<sup>1</sup> identisk på alle andre måter enn kontekst

al., 2010). En elev kan fint klare å benytte et vitenskapelig begrep i en kjent kontekst, men feile fullstendig med å benytte det samme begrepet dersom konteksten er ukjent i en ellers isomorf oppgave. Elevers evne til å tolke forskjellige representasjonsformer er altså i høy grad kontekstavhengig. Siden elevers evne til å håndtere forskjellige representasjonsformer korrelerer sterkt med læringsutbytte innenfor *de Newtonske begrepene*, er dette noe som må tas med i vurderingen (Nieminen et al., 2010).

## **Kapittel 3 – Metode**

I dette kapittelet redegjøres det for begreper og metoder som er benyttet i denne oppgaven. I seksjon 3.1 forklares begrepet validitet, og oppgavesettets validitet diskuteres. I seksjon 3.2 forklares de matematiske begrepene og metodene som har blitt benyttet i analysen av undersøkelsen.

### **3.1 - Om FCI**

Dataene som nyttes i denne oppgaven er hentet fra en norsk utgave av FCI-testen gitt til FYS1000-studenter ved Universitetet i Oslo i januar 2013. Det vil si at deltakerne tar testen før de har gjennomgått mekanikkdelen av kurset. Versjonen av FCI som ble brukt er en modifisert utgave av 1995-utgaven av FCI . Den norske utgaven er blitt utviklet ved Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt i samarbeid med Høgskolen i Østfold. Deltakerne på denne undersøkelsen tar FYS1000, et innføringskurs i fysikk ved Universitetet i Oslo. Noen vil ha tatt fysikkurs tidligere, andre ikke. Det bør derfor være gode muligheter til å kunne avdekke noen vanlige misoppfatninger hos norske elever, og frekvensen av disse, både før og etter at de har tatt fysikk i den videregående skolen.

#### **3.1.1 – Validitet**

Med validitet menes hvor godt en test måler det som faktisk skal måles. Med god validitet menes at måleredskapen som brukes er egnet til å måle det som skal måles (Ary, Jacobs, & Sorensen, 2010). For å forklare forskjellen på reliabilitet (seksjon 3.2.1) og validitet brukes ofte det å skyte inn et gevær som eksempel. Reliabilitet dreier seg om hvor tett kulesamlingen på blinken er, hvor pålitelig geværet treffer. Dersom alle kulene havner innenfor et lite område er reliabiliteten god, fordi et tilsvarende skudd gir et tilsvarende treff gang på gang. Validiteten derimot handler om plasseringen av dette treffområdet. Jo nærmere dette er midten av blinken, jo bedre er validiteten. I dette eksempelet vil det si at instrumentet gjør det det skal gjøre, nemlig treffe der man sikter. I denne sammenhengen er det verdt å merke seg at det er mulig å ha høy reliabilitet med lav validitet, men det motsatte lar seg ikke gjøre (Ary et al., 2010).

Validiteten på de originale oppgavene i FCI-testen er blitt grundig gjennomgått tidligere, og funnet god (Hestenes & Wells, 1992; Hestenes et al., 1992). Testen har blitt brukt i et utall undersøkelser verden over, og validiteten har blitt bekreftet i disse undersøkelsene (Dedic et al., 2010; Hestenes & Halloun, 1995; Nieminen et al., 2012). Til og med kritikere av testen har innrømmet at den er det beste tilgjengelige verktøyet til det formålet den er lagd for (Heller & Huffman, 1995). Spørsmålet om validitet dreier seg derfor om de forandringene som er gjort i den norske utgaven.

I den norske utgaven av FCI er det lagt til ti spørsmål for å øke undersøkelsens reliabilitet. Som mål for denne brukes Cronbach's alpha (seksjon 3.2.1). Grunnen til denne utvidelsen er at når den norske utgaven skulle utviklers syntes utviklerne at reliabiliteten var noe lav. Siden utvidelsen kan ha påvirket settets validitet, er det viktig å vurdere hvorvidt de nye oppgavene måler det samme som den originale utgaven av FCI er ment å måle. De nye oppgavene er enten hentet fra TIMSS Advanced (Angell, 1996; Angell et al., 1999), eller utviklet ved Skolelaben i fysikk (primært av Øystein Guttersrud) på Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo. Oppgavene er laget for å være meningsfulle for norske elever, og alle oppgavene kan knyttes til læreplanmål i den norske læreplanen i fysikk. Målet med alle oppgavene er å beholde den originale FCI-testens fokus på begrepsforståelse, og unngå at oppgavene kan løses instrumentelt; målet er å teste elevenes begrepsforståelse. I forhold til oppgavene fra TIMSS er det ingen grunn til å tvile på at disse faktisk måler fysikkforståelsen til elevene (Angell, 1996; Angell et al., 1999; Lie et al., 2010). Det som eventuelt kan vise seg å være problematisk, er i hvor stor grad de fokuserer på matematisk- eller fysisk forståelse. Når det gjelder oppgavene som er utviklet ved Skolelaben i fysikk er disse utviklet av personer med lang akademisk bakgrunn innen skoleforskning i fysikk og testteori. Alle oppgavene har blitt vurdert av Øystein Guttersrud og Carl Angell ved UiO, og av Per Erik Skogh Nilsen ved HiØ, som alle har vurderer validiteten til å være god.

### **3.2.2. - Reliabilitet**

For å minimere eventuelle problemer i forhold til reliabiliteten til undersøkelsen er det blitt gjennomført pilottesting av settet. Pilottesting ble gjennomført ved Høgskolen i Østfold. Resultatene fra denne indikerte at reliabiliteten var god. Det er imidlertid et poeng at utgaven som er brukt i denne undersøkelsen, ikke er helt identisk som det settet som ble testet. Det er også et poeng at settet sannsynligvis vil bli revidert etter denne undersøkelsen, siden utgaven

vi ser på i denne undersøkelsen er pre-test utgaven i et pre-/posttest-par som fortsatt er under utvikling. Ett av målene i denne omgang er å forbedre testen og bruke denne gjennomgangen som et hjelpemiddel for å utvikle post-testen

## 3.2 - Matematisk bakgrunn for analyse

I denne seksjonen forklares noen av de grunnleggende matematiske begrepene som brukes til analysen i denne oppgaven. For hvert begrep er matematisk definisjon samt en forklaring av denne gitt.

### 3.2.1 - Cronbach's alpha

Når nøyaktigheten til en test skal måles er kanskje det viktigste å finne ut om den måler det den skal måle. Det er to dimensjoner knyttet til dette: validitet og reliabilitet.

Validitetsaspektet allerede blitt diskutert i seksjon 3.1.1. Reliabiliteten derimot lar seg ikke undersøke på forhånd, og siden denne utgaven ikke er identisk med settet fra pilottesten vil vi her bare ta for oss det teoretiske grunnlaget.

Reliabilitet er et mål på hvor pålitelig testen leverer resultater, om vi får det samme resultatet dersom vi måler det samme gang på gang. En sterk deltaker bør derfor gjennomgående ha større mulighet til å få til oppgavene enn en svak deltaker. Dersom dette er sant kan vi si at testen har høy reliabilitet fordi den har høy reliabilitet på alle oppgavene. Høy reliabilitet indikerer at alle oppgavene måler det samme. Det tyder også på at testdesigneren har klart å lage et sett med oppgaver som gjør det mulig å tolke og vektlegge forskjeller mellom individer som tar testen. Sagt på en annen måte: to personer som har tilsvarende mestringsnivå innenfor *de Newtonske begrepene* bør få tilsvarende poengsum på testen (Cronbach, 1951; Cronbach & Shavelson, 2004; Field, 2009).

$$\alpha = \frac{N}{N-1} \left( 1 - \sum_{i=0}^N \frac{p_i q_i}{\sigma_x^2} \right)$$

**Formel 1: Cronbach's alpha for variabler med verdiene én eller null:**  $N$  er antall elementer i undersøkelsen,  $p_i$  er andel variabler med verdi én for element  $i$ ,  $q_i$  er andel variabler med verdi null for element  $i$ , og  $\sigma_x^2$  er den oversverte variansen i summen for hele undersøkelsen.

En av de vanligste måtene å estimere en tests reliabilitet på er Cronbach's alpha ( $\alpha$ ), som er et mål på hvor godt gjentatte målinger av det samme generelle prinsippet er i overensstemmelse med hverandre (Cronbach, 1951; Field, 2009). I undersøkelser som denne er  $\alpha$  et mål på, og fungerer som en nedre grense for, hvor mye av variansen i testscoren som skyldes felles faktorer i spørsmålene testen inneholder. Verdien til  $\alpha$  rapporterer hvor mye av testscoren som avhenger av hvilke begreper de oppgavespesifikke faktorene hører inn under (i vårt tilfelle: *de Newtonske begrepene*), isteden for spørsmålspecifikke faktorer (Cronbach, 1951). Jo større verdi  $\alpha$  tar, jo bedre ser enkeltoppgaver på en test ut til å henge sammen. Dette gjør at det er fornuftig å måle reliabiliteten til en test som FCI ved hjelp av  $\alpha$ . Dette målet gjør det mulig å måle en undersøkelses reliabilitet selv når hver enkelt oppgave krever at forskjellige begreper brukes i forskjellige kombinasjoner. Fordelen er at dette fungerer selv når disse begrepene ikke nødvendigvis kan skilles godt nok til grupperes i sub-kategorier (som for eksempel *Newtons andre lov* med og uten vektorrepresentasjon), og dermed ikke på noen enkel måte kan undersøkes hver for seg i en analyse (Cronbach & Shavelson, 2004).

En tommelfingerregel for en tilfredsstillende verdi av  $\alpha$  for tester som tester ferdigheter er **0.7**. Man må imidlertid være varsom med å bruke denne regelen, da  $\alpha$ 's verdi er avhengig av antall elementer i testen (Field, 2009). Fordelen med å gjennomføre en  $\alpha$ -analyse er at en har muligheten til å rask og enkelt undersøke hvordan  $\alpha$  vil påvirkes dersom enkeltoppgaver fjernes fra testen. Dette gjør det mulig å raskt avgjøre i hvilken grad enkeltspørsmål trekker ned  $\alpha$ -verdien. Dersom det er oppgaver som i stor grad påvirker  $\alpha$ -verdien, kan det være aktuelt å utelukke disse spørsmålene fra undersøkelsen. Forfatter av undersøkelsen vil da vite om det er spørsmål som bør revideres eller fjernes til neste gang en tilsvarende undersøkelse skal kjøres.

### **3.2.2 - Pearson's $r$**

Et av målene med å gjøre en undersøkelse, er å prøve å identifisere hvilke faktorer som henger sammen, og hvilke som ikke gjør det. Det er for eksempel ofte interessant å vite om forskjellige sosiokulturelle variabler, som foresattes utdanning eller antall bøker i hjemmet, påvirker hvordan elever gjør det på skolen. Individuelle variabler, som antall timer som brukes på hjemmelekser, kan også påvirke læringsutbyttet. Disse undersøkes på samme måte. Dette er interessant fordi det gir oss en pekepinn på hvordan den norske utdanningen kan forbedres. I statistikk bruker vi korrelasjon mellom variabler for å prøve å identifisere slike

koblinger. Vi er ute etter å finne ut av hvordan endringer i en faktor påvirker en annen. En av de vanligste matematiske metodene for å finne slike korrelasjoner er Pearson's  $r$  (Field, 2009):

$$r = \frac{\sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N - 1)\sigma_x\sigma_y}$$

**Formel 2: Pearson's  $r$ :**  $N$  er antall målinger,  $x_i$  er verdien til de  $i$ 'te elementet av variabel  $x$ ,  $\bar{x}$  er gjennomsnittsverdien til variabel  $x$ , og  $\sigma_x$  er standardavviket for variabel  $x$ . Tilsvarende for variabel  $y$ .

Siden  $r$  er en normalisert verdi vil den alltid ta verdier mellom -1 og 1. Verdien 1 signaliserer en perfekt positiv korrelasjon (som forholdet mellom antall hekto smågodt og prisen på kassalappen), og -1 signaliserer en perfekt negativ korrelasjon (som antall måneder som arbeidsledig og inntekt) (Devore & Berk, 2007; Field, 2009). I den virkelige verden oppnår man imidlertid nesten aldri disse ytterpunktene. Det er sjelden at man finner to faktorer som henger direkte sammen. Vanligere er det at en rekke faktorer påvirker hverandre.

Prestasjonene til en idrettsutøver vil for eksempel være avhengige av både trening, kosthold, genetikk, dagsform og andre forhold. Dermed vil ingen av disse enkeltvariablene gi en  $r = 1$ , men i et idealisert eksempel vil de kanskje til sammen kunne forklare store deler av et resultat. Det kan derfor være interessant å se på faktorer som korrelerer svakt ( $r < .2$ ) i større undersøkelser. Grunnen til dette er rett og slett at så mange enkeltfaktorer kan påvirke et resultat at det er lite sannsynlig at en enkelt faktor skal stå for brorparten av påvirkningen.

Én ting som det er viktig å merke seg, er at en høy korrelasjon ikke nødvendigvis indikerer kausalitet. Det kan finnes umålte bakenforliggende faktorer som gjør at to verdier øker i takt (Devore & Berk, 2007; Field, 2009). Selv om antallet TV-apparater i verden, og antall biler på verdensbasis sannsynligvis vil korrelere dersom vi gjør en statistisk analyse av disse to forholdene, kan vi ikke si at et økt antall TV-apparater påvirker produksjonen av biler. Det vil kunne være bakenforliggende faktorer som ikke er kjente og som påvirker begge disse forholdene (som for eksempel økt levestandard). Man må derfor være forsiktig med å trekke konklusjoner ut i fra korrelasjonsanalyser alene.

### ***P-verdi***

Når en korrelasjon bestemmes i statistikk oppgis denne som regel sammen med en p-verdi. P-verdien eller et mål på hvor sannsynlig det er at den observerte korrelasjonen kan oppstå på



grunn av statistiske variasjoner. Den sier noe om hvor sannsynlig det er at det observerte kan ha oppstått på grunn av tilfeldigheter. Jo større p-verdi, jo større sannsynlighet for at resultatet er en tilfeldighet. I denne oppgaven vil det for eksempel være interessant å undersøke hvordan enkeltoppgaver korrelerer med poengsummen på settet. Dersom denne korrelasjonen er høy tyder det på at oppgaven er relevant for temaet i undersøkelsen, men dersom det følger med en høy p-verdi til denne korrelasjonen, kan en ikke konkludere med at oppgaven er relevant. Grunnen til dette er at sannsynligheten for at denne sammenhengen er tilfeldig er for stor. For å begrense muligheten for feilaktige konklusjoner på grunn av dette velges det derfor en grense for hvor høy en p-verdi kan være. Denne grensen kalles signifikansnivå. De to vanligste grensene er  $p = 0.01$  og  $p = 0.05$  (Ary et al., 2010; Crocker & Algina, 1986; Devore & Berk, 2007). I denne oppgaven vil  $p = 0.05$  være tilstrekkelig.

### 3.2.3 - Zscore

I mange sammenhenger er det av interesse å se hvordan en verdi forholder seg til gjennomsnittet. Dette kan fort bli uoversiktlig, særlig dersom man ser på spørsmål eller oppgaver som er tilordnet en tallverdi. Det er derfor vanlig å normalisere, eller standardisere, verdiene slik at de blir målt i antall standardavvik fra gjennomsnittet. Til dette er det vanlig å bruke standard score (*Zscore*) (Ary et al., 2010):

$$z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$$

**Formel 3: Zscore:**  $x$  er verdien til elementet (for eksempel poengsummen til en testdeltaker),  $\bar{x}$  er gjennomsnittsverdien til elementet, og  $\sigma_x$  er standard avviket til fordelingen av  $x$ .

Siden Zscore er standardisert og måles i antall standardavvik kan man relativt lett se hvordan forskjellige distraktorer på en test slår ut. Dette gjør det mulig å skaffe en relativt god oversikt over hvilke spørsmål som er av interesse for videre analyse.

### 3.2.4 - Faktoranalyse

I en faktoranalyse gjøres en matematisk analyse for å undersøke om det finnes underliggende faktorer som knytter forskjellige elementer i et datasett sammen. Ut fra svarfordelingen på hver enkelt oppgave kan man undersøke om det finnes statistiske grupperinger i et datasett. I

en ideell verden vil det være samsvar mellom de teoretisk predikerte gruppene og deltakernes svarmønster (Lie, Hopfenbeck, Ibsen, & Turmo, 2005).

Det er to hovedformål med faktoranalyser: datareduksjon og utforskning av teoretiske strukturer (Ary et al., 2010). I denne oppgaven er begge deler av interesse. Dersom oppgavene opptrer i grupperinger som gir mening i forhold til *de Newtonske begrepene*, vil det være med på å styrke settets validitet. Det vil også gjøre det lettere å si noe om fellestrekk mellom dem (Ary et al., 2010; Lie et al., 2005). For at resultatene fra en faktoranalyse skal være matnyttig er det nødvendig at grupperingene som kommer fram fra analysen er meningsfylte. Dersom det ikke er mulig å tolke eller gi navn på en gruppering vil det være liten vits i å arbeide videre men denne. Dette gjelder spesielt dersom målet er (som i denne analysen) å identifisere begreper eller teknikker som komplimenterer eller kommer i veien for hverandre. Dersom dette problemet oppstår er det fornuftig å forsøke å justere antall faktorer man leter etter, og eventuelt metoden som brukes, til man får frem en rekke faktorer som lar seg tolke (Ary et al., 2010).

#### *Latent korrelasjon mellom faktorer*

For at det skal være meningsfylt å dele inn oppgavene i grupper på bakgrunn av bakenforliggende faktorer må disse faktorene representere forskjellige forhold. De bør også gi informasjon om og måle forskjellige kompetanser. Ved å regne ut den latente korrelasjonen mellom de forskjellige faktorene kan man undersøke om dette er tilfelle (Lie et al., 2005):

$$r_{ab,latent} = \frac{r_{ab}}{\sqrt{\alpha_a \alpha_b}}$$

**Formel 4: Latent korrelasjon mellom to variabler, a og b.**

Ved å beregne korrelasjonskoeffisientene mellom de forskjellige faktorene og justere disse ved hjelp reliabiliteten for hver av for dem, får vi et mål på hvor godt de korrelerer i forhold til usikkerheten i hver faktor. Den høyeste verdien en vanlig korrelasjon kan ta er altså begrenset av innslaget av målefeil (mangel på reliabilitet). Dersom korrelasjonen er omtrent like stor som reliabiliteten til hver enkelt faktor er konklusjonen at de korrelerer så høyt som det går an i lys av usikkerhetene i målingene. Den latente korrelasjonen vil nærme seg en, og vi kan derfor ikke si at de to faktorene måler forskjellige ting (Lie et al., 2005). Dette er et

nyttig hjelpemiddel som kan fungere som en sjekk for å avgjøre om de forskjellige faktorene som oppdages i en faktoranalyse faktisk kan sies å beskrive forskjellige konstrukter.

### 3.2.5 -S-kurver og nivåinndeling av elever

Når en snakker om vanskegraden til oppgaver er det ofte snakk om plankeoppgaver og ”skille femmerne fra sekserne”-oppgaver. En typisk plankeoppgave er en oppgave hvor nesten alle, uavhengig av ferdighetsnivå, har mulighet til å få den til, eller klare store deler av den. For å kunne si noe om hvordan en oppgave slår ut i vanskegrad og hvordan den differensierer mellom elever på forskjellige nivåer er logistiske kurver, eller S-kurver, et nyttig hjelpemiddel. Slik Crocker and Algina (1986) har definert den logistiske funksjonen er andelen som svarer riktig på en gitt oppgave gitt ved:

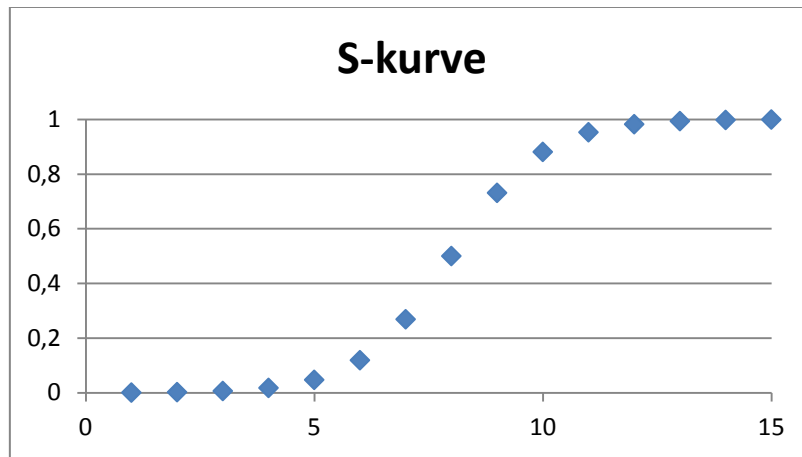
$$P(n) = \frac{e^{n-d}}{1 + e^{n-d}}$$

**Formel 5: P er andelen som svarer riktig på en gitt oppgave, n er en latent egenskap til gruppen som undersøkes (ferdighets nivå), og d er vanskegraden på oppgaven.**

Ved å dele elevene opp i grupper avhengig av poeng, og se hvordan hver enkelt gruppe gjør det på hver enkelt oppgave, kan man få et godt bilde av hvordan en oppgave slår ut. Ideen bak dette kommer fra Rash-modellen, hvor sannsynligheten for riktig svar modelleres ut ifra to variabler: vanskegraden på oppgaven og ferdighetsnivået til grupperingen av elever (Crocker & Algina, 1986; Tuft, 2000). Vendepunktet til kurver beskriver det punktet hvor det er maksimal sammenheng mellom den bakenforliggende variabelen (ferdighetsnivået) og sannsynligheten for å få til oppgaven. De områdene hvor kurven flater ut beskriver de områdene hvor en har nådd en grense for variabelens påvirkningsevne (Tuft, 2000). Dette gjør det mulig å identifisere hvilket nivå en elev må opp på for å ha en rimelig sjanse for å klare oppgaven, hvor oppgaven legger lista med andre ord.

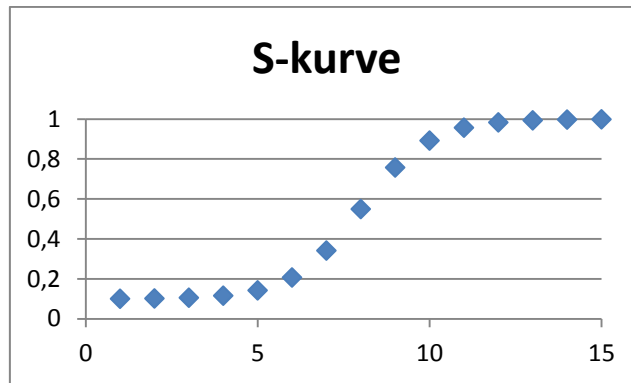
Et annet viktig poeng med å undersøke dette er å undersøke om oppgaven i det hele tatt fungerer. Det vil si at dersom en elev er på et høyere faglig nivå enn en annen, bør denne eleven få til de oppgavene den faglig svakere eleven får til (Andrich, Ikke publisert). Til en prøve hvor begge har forberedt seg og er på nesten samme nivå trenger ikke dette alltid å stemme, men når vi deler elevene inn i grupper og tar snittet i hver gruppe på hver oppgave

bør eventuelle svingninger være lave. Dersom de ikke er det er det grunn til å lure på om oppgaven er god (Andrich, Ikke publisert).



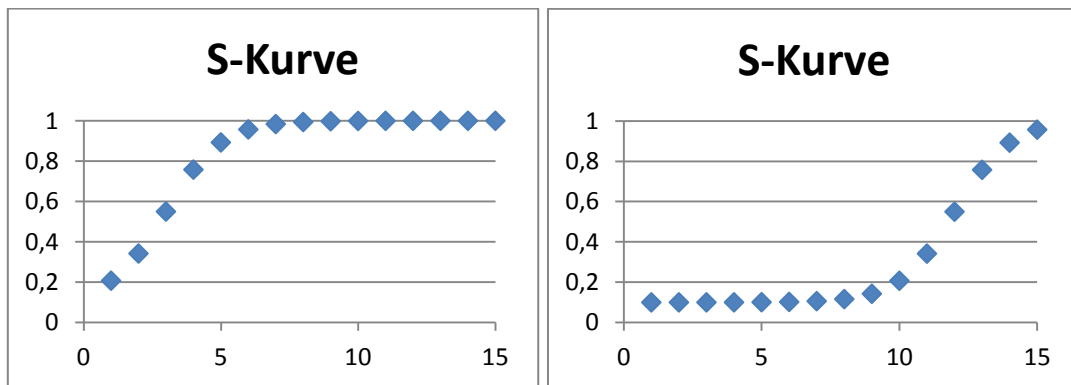
Figur 1: En standard S-kurve fra *Formel 5* med  $d = 8$ . Dette er formen kurven tar dersom alle verdier av  $n$  er med,  $n \in (-\infty, \infty)$ .

I denne oppgaven utføres det ingen Rash-modellering, men inspirert av denne metoden vil det bli utført noen kurvetilpasninger for å illustrere hvordan de forskjellige oppgavene slår ut. Målet med dette er å identifisere mestringsnivået for oppgavene, altså å identifisere hvilket faglig nivå en elev må opp på for å ha en rimelig sjans for å klare en oppgave. Dette vil også gjøre det mulig å identifisere hvor det er størst forskjell mellom de faglige nivåene. Til denne kurvetilpasningen brukes *Formel 5* med en liten modifikasjon. Dersom man hadde alle ferdighetsnivåene, fra de aller svakeste til de aller sterkeste, ville en kurvetilpassning med *Formel 5* ha gitt en graf med form som i *Figur 1*, det er imidlertid grunn til å tro at dette ikke vil være tilfellet her. Alle deltakerne på denne undersøkelsen har fullført videregående utdanning, så sannsynligheten for at noen skal befinne seg på det teoretiske nivået med absolutt null kjennskap til stoffet er liten. For mange av oppgavene i denne undersøkelsen forventes det derfor ikke at den nedre grensen for suksess vil gå mot null. Derfor legges en konstant  $k$ , et såkalt "gjetteparameter" til *Formel 5* slik at verdien av den nedre grenseverdien til kurven kan justeres. I tillegg til dette multipliseres uttrykket fra *Formel 5* med  $a = 1 - k$  for å sikre at den maksimale sannsynligheten for suksess fortsatt er 100%. Det er imidlertid ikke sikkert at den maksimale sannsynligheten i praksis vil være 100% i alle tilfeller (deltakerne har tross alt ikke doktorgrader i fysikk), så det kan være at verdien av  $a$  også må justeres når tilpassningene gjøres i praksis, slik at den øvre grensen blir for eksempel 80%.



Figur 2: S-kurven fra Figur 1 justert med et "gjetteparameter",  $k = 0,1$  og multiplisert med  $a = 0,9$  for å justere øvre grense til 1.

Kurven i Figur 2 er den fulle formen til S-kurvene vi forventer å finne i denne undersøkelsen. Kurvene vil imidlertid ikke alltid fremstå like fullstendige som dette. Dersom en oppgave enten er svært vanskelig eller svært enkelt vil kurven kunne bli forskjøvet enten mot høyre eller venstre. Dersom kurven forskyves mot venstre tyder det på at oppgaven er enkel, en "plankeoppgave". En elev må ikke opp på et veldig høyt faglig nivå for å ha en god sjanse for å klare oppgaven. Dersom kurven derimot er forskjøvet mot høyre tyder det på at oppgaven er vanskelig, en "skille-femmerne-fra-sekserne"-oppgave.



Figur 3: Den venstre grafen viser S-kurven for en enkel oppgave ( $d = 3$ ), nivået som må nås for å ha en høy sjanse for å klare oppgaven er lavt. Den høyre grafen viser S-kurven for en vanskelig oppgave ( $d = 13$ ), nivået som må nås for å ha en høy sjanse for å klare oppgaven er høyt.

## Kapittel 4 – Presentasjon og drøfting av resultater

I dette kapittelet presenteres de mest interessante resultatene fra den statistiske analysen av resultatene. Det vil i seksjon 4.1 bli gitt en kort oversikt over hvordan settet slo ut. I 4.2 vil noen generelle opplysninger om populasjonen bli gjennomgått. I seksjon 4.3 undersøkes noen oppgaver som av forskjellige grunner ikke vil bli brukt videre i analysen, sammen med argumentene for dette. I seksjon 4.4 ser vi på en mulig måte å gruppere oppgavene på som funksjon av hvilke temaer de omhandler. Til slutt vil interessante oppgaver fra hver av disse gruppene bli undersøkt nærmere i seksjon 4.5.

### 4.1 – Oversikt

For å analysere dataene fra undersøkelsen ble programmet IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versjon 20 brukt. For hvert riktig svar ble det gitt ett poeng, og null poeng for feil eller ikke besvarte oppgaver. For å få en indikasjon på reliabiliteten til settet ble en Cronbach analyse gjort på alle oppgavene (seksjon 3.2.1). For dette settet ble  $\alpha = 0.858$ , som er et godt resultat og tyder på høy reliabilitet. Ved å fjerne noen oppgaver ville det vært mulig å øke  $\alpha$  marginalt slik at denne ville ha fått verdien **0.860**. Dette ble imidlertid sett på som unødvendig for en så marginal økning i reliabilitet (vedlegg 2).

Det ble også gjennomført en Pearson-korrelasjonsanalyse mellom hver enkelt oppgave og hver enkelt deltakers poengsum (seksjon 3.2.2). Også her er resultatene lovende. Alle oppgaver med unntak av tre korrelerte med en  $r > 0.2$ , og alle hadde et signifikansnivå på  $p < 0.01$ , med unntak av oppgave 36 som hadde  $p < 0.05$  (vedlegg 4). Dette tyder på at de fleste oppgavene måler det de skal måle, nemlig elevers forståelse av *de Newtonske begrepene*.

I første omgang ble hele settet gjennomgått og de signifikante<sup>2</sup> distraktorene ble plukket ut og klassifisert (vedlegg 3). Det ble bestemt at distraktorene måtte ha blitt valgt av rundt tjue prosent av testdeltakerne for å regnes som signifikante, og i tillegg måtte skille seg ut i svarfordelingen. Denne avgjørelsen ble tatt for i størst mulig grad å utelukke de oppgavene hvor det har vært høy grad av gjetting. En distraktor ble med andre ord ikke regnet som signifikant dersom de avgitte svarene på oppgaven var relativt jevnt fordelt over alle

---

<sup>2</sup> Må ikke forveksles med *p-verdi*

alternativer. Et eksempel på en oppgave hvor en distraktor tydelig skiller seg ut er oppgave 28 (vedlegg 3) hvor alternativ D (distraktor) er valgt av hele 43% og alternativ E (riktig) er valgt av 48% blant de gyldige svarene. Et eksempel på en oppgave hvor det ikke er like lett å velge ut en distraktor er oppgave 32 (bare fire alternativer) hvor variasjonsbredden mellom alternativene bare er på 9 prosentpoeng (vedlegg 3). Heldigvis forekom dette svært sjelden, og tilfellet oppgave 32 viste seg å være interessant på bakgrunn av Zscore-fordelingen (seksjon 3.2.3). Dette vil bli undersøkt nærmere i seksjon 4.4.

Totalt for settet var den signifikante forekomsten av distraktorer som representerer de forskjellige misoppfatningene som følger. *Bevegelse-krever-kraft* forekom signifikant tjueseks ganger, *Impetus* forekom seks ganger, *Dominansprinsippet* forekom fire ganger og *Større-betyr-mer* forekom seks ganger (vedlegg 3). For settet som helhet er det altså en misoppfatning som går igjen i mye større grad enn de andre. Forestillingen om at det må virke en kraft dersom det er en bevegelse, enten gjennom en aktiv agent eller impetus, forekommer signifikant med en mye høyere frekvens enn noen annen misoppfatning. Det ser altså ut som dette er en forestilling som er veldig vanlig blant disse studentene. For disse oppgavene ligger gjennomsnittsscoren til de studentene som har valgt *Bevegelse-krever-kraft*-distraktorer stort sett mellom 0,2 og 0,5 standardavvik under snittet for populasjonen. Det er noen unntak som skiller seg ut i begge retninger og dermed er ekstra interessante. Disse skal vi se nærmere på i seksjon 4.4.

En annen oppfatning som går igjen med svært høy frekvens er *Større-betyr-mer*. Denne, sammen med dominansprinsippet, opptrer også signifikant på alle oppgaver hvor det finnes alternativer som representerer en eller begge av disse. Med unntak av oppgave 16 (ca. 0.7 under), ligger gjennomsnittsscoren til elever som velger *Større-betyr-mer*-distraktorer rundt 0,2 standardavvik under snittet for populasjonen. Det kan se ut som *Større-betyr-mer*-oppfatningen typisk er vanlig på et faglig nivå litt under gjennomsnittet.

Det ble også forsøkt å undersøke om disse misoppfatningene kan sies å danne et alternativt forståelsesrammeverk. Dette ble gjort ved å se på korrelasjonen mellom å velge en gitt type distraktor i en oppgave, og å velge tilsvarende distraktorer i andre oppgaver, men på dette punktet lot det seg ikke gjøre å påvise noen sammenheng. Dette er imidlertid i tråd med tidligere undersøkelser, hvor det har blitt konkludert med at alternative oppfatninger ikke danner noe sammenhengende forståelsessystem, men der i mot fungerer som ad hoc

forklaringer avhengig av konteksten i oppgaven (Angell, 1996; Angell et al., 2011; Clement, 1982; diSessa, 1993).

## 4.2 – Kort om populasjonen

De siste to sidene i oppgavesettet bestod av et spørreskjema hvor deltakerne ble stilt en rekke spørsmål knyttet til bakgrunnskunnskaper og motivasjon. De mest interessante resultatene vil kort bli gjengitt her. Populasjonen bestod av 206 studenter som tok kurset FYS1000 på fysisk institutt ved Universitetet i Oslo våren 2013. Av disse var 133 jenter og 144 gutter (2 missing). Gjennomsnittlig alder på disse var 21,6 år, med median alder på 20 år og standardavvik på 3,4 år (2 missing).

Tabell 1: Testdeltakernes fordeling over mulige studieprogrammer

Studieprogram	Antall	Prosent	Kumulativ
Medisin 1+5	60	29,1 %	29,1 %
Molekylær biovitenskap (MBV)	59	28,6 %	57,8 %
Geofag	37	18,0 %	75,7 %
Kjemi	17	8,3 %	84,0 %
Årsenhet i realfag	17	8,3 %	92,2 %
Lektorprogrammet	8	3,9 %	96,1 %
Annet	7	3,4 %	99,5 %
Missing	1	0,5 %	100,0 %

Studenter som tar FYS1000 har ofte ikke planer om å gå videre med fysikk som fagfelt. Dette ser ut til å stemme også for denne populasjonen. Deltakernes fordeling over de forskjellige studieprogrammene som var med på spørreundersøkelsen er gjengitt i *Tabell 1*. Fra tabellen ser vi at nesten seksti prosent av deltakerne enten tar forberedende kurs til medisin eller går på linja Molekylær biovitenskap. Tar vi i tillegg med de som går på geofag og kjemi er åttifire prosent av alle deltakerne med. Det er altså en stor andel som ikke går på studieretninger som i noen særlig grad kommer til å bruke fysikken videre.

### 4.2.1 Faglig bakgrunn

Når det gjelder den faglige bakgrunnen til deltakerne er den dekket av to spørsmål: D2 og D3. Disse dreier seg om deltakernes matematiske (D2) og fysiske (D3) bakgrunn (vedlegg 1). I forhold til D2 er S og MZ, og R og MX slått sammen. Dette er fordi disse tilsvarer



henholdsvis samfunnsfaglig- og realistrettede kurs i matematikk i den videregående skole på omtrent samme faglig nivå. Fra *Tabell 2* ser vi at over femtifem prosent av deltakerne har kombinasjonen  $R1+R2$  eller høyere. Tar vi i tillegg med de som bare tok  $R1$  får vi nesten syttifem prosent av populasjonen. Formel bakgrunnskunnskap i matematikk bør altså ikke være en faktor som skaper problemer i denne undersøkelsen. Bakgrunnskunnskapene i fysikk er noe dårligere hos de fleste. Dette er ikke overraskende siden de færreste av disse skal bruke faget videre i noen særlig grad dersom vi tar utgangspunkt i *Tabell 1*.

**Tabell 2: Deltakernes matematiske bakgrunn**

Matematisk bakgrunn	Antall	Prosent	Kumulativ %
Høyere	29	14,1 %	14,1 %
$R1+R2/2MX+3MX$	85	41,3 %	55,3 %
$R1+2MX$	40	19,4 %	74,8 %
$S1+S2/2MZ+3MZ$	49	23,8 %	98,5 %
Missing	3	1,5 %	100,0 %

Fra *Tabell 3* ser vi at bare litt over atten prosent av deltakerne har tatt *Fysikk 2* eller høyere. Tar vi med *Fysikk 1* ser vi at nesten syttifem prosent har vært borte i fysikkfaget tidligere. Siden klassisk mekanikk er en stor del av *Fysikk 1* skal dermed alle disse ha jobbet med alle begrepene som omhandles i FCI tidligere. På den andre siden er det nesten tjuefire prosent som overhode ikke har noen bakgrunn innenfor fagfeltet.

**Tabell 3: Deltakernes bakgrunn i fysikk**

Fysikkbakgrunn	Antall	Prosent	Kumulativ %
Høyere	4	1,9 %	1,9 %
Fysikk 1 og 2	34	16,5 %	18,4 %
Fysikk 1	116	56,3 %	74,7 %
Ingen	49	23,8 %	98,5 %
Missing	3	1,5 %	100,0 %

Dersom vi tar med samtlige deltakere blir gjennomsnittlig poengsum på settet 13,96 poeng ut av 38 mulige (36,7%). For de som tidligere har tatt *Fysikk 2* eller høyere (18,4% av populasjonen) ble gjennomsnittet 21,61 poeng (56,9%). Dersom vi ser på de som har *Fysikk 1* eller høyere (74,7% av populasjonen) ble gjennomsnittet 14,92 poeng (39,3%). Og hvis vi ser

på de som ikke har noen bakgrunn innenfor fysikkfaget eller ikke har besvart spørsmålet (25,3% av populasjonen) ble gjennomsnittet 11,10 poeng (29,2%). Som forventet er det altså en klar sammenheng mellom studentenes bakgrunn innenfor fysikkfaget og deres resultat på undersøkelsen.

For å kunne undersøke nærmere hvordan bakgrunnskunnskapene i matematikk og fysikk påvirket deltakernes prestasjoner ble hvert av de fire nivåene fra *Tabell 2* og *3* tildelt tallverdi. Verdiene gikk fra en til fire hvor fire representerer høyest kompetanse. Antakelsen her blir da at *S1 + S2* gir en matematikkkompetanse som er mindre relevant for fysikkfaget, enn emnet *RI* gir alene. Korrelasjonen mellom bakgrunnskompentanse i matematikk og fysikk ble henholdsvis  $r = 0,187$  og  $r = 0,514$ , begge med  $p - verdi = 0.01$  (vedlegg 10). Det ser altså ut til å være en klar sammenheng mellom begge disse kompetansene og grad av suksess på denne testen, men bakgrunnskunnskapene i fysikk har betydelig større innvirkning. Disse sammenhengene vil undersøkes nærmere for utvalgte oppgaver i seksjon 4.4.

#### 4.2.2 Kjønnforskjeller

For å undersøke kjønnforskjellene i forhold til bakgrunnskunnskaper ble spørsmålene D2 og D3 fra undersøkelsen tildelt en tallverdi (vedlegg 1). For fysikk var dette enkelt, for matematikk var det en litt større utfordring. Dette kom av at det i matematikk er flere mulige løp og kombinasjoner av kurs i den videregående skolen. Hierarkiet ble til slutt som følger: alternativene *S1 og 2* og *2 og 3MZ* ble tildelt verdien 1, da denne kombinasjonen er den som antas å ha minst med fysikkfaget å gjøre, alternativene *RI eller 2MX* ble tildelt verdien to, alternativene *RI og 2* og *2 og 3MZ* ble tildelt verdien tre, og alternativet *Høyere* ble tildelt verdien fire. Når dette var gjort ble det mulig å undersøke den gjennomsnittlige faglige bakgrunnen for hvert av kjønnene.

Fra *Tabell 4* ser vi at gjennomsnittsalderen, standardavviket og medianen er høyere hos guttene, enn hos jentene, i forhold til alder. Når det gjelder den matematiske bakgrunnen hos begge kjønn er ikke forskjellene enorme. Fra gjennomsnittet og medianen ser vi at andelen som har *RI og 2*, eller *2 og 3MX* er litt høyere hos guttene, enn hos jentene, men disse fagkombinasjonene er de to vanligste blant begge kjønn.

**Tabell 4: Oversikt over bakgrunnsvariabler for jentene og guttene i populasjonen. Matematikk- og fysikkbakgrunn ble delt inn i fire kompetansenivåer. For fysikk: *Ingen fysikk* (1), *Fysikk 1* (2), *Fysikk 2* (3) og *Høyere* (4). For matematikk: *S1 og 2 eller 2 og 3 MZ* (1), *R1 eller 2MX* (2), *R1 og 2 eller 2 og 3MZ* (3) og *Høyere* (4). Dette gjør det mulig å kvantifisere det gjennomsnittlige kompetansenivået for hvert kjønn. To personer er utelatt fra denne statistikken fordi de ikke hadde oppgitt kjønn.**

Jenter, N=132	Alder	Matematikkbakgrunn	Fysikkbakgrunn	Score
Gjennomsnitt	21,3	2,4	1,8	11,2
Standardavvik	3,0	1,0	0,6	4,2
Median	20	3	2	11
Gutter, N =72	Alder	Matematikkbakgrunn	Fysikkbakgrunn	Score
Gjennomsnitt	22,0	2,6	2,2	18,9
Standardavvik	4,1	0,9	0,8	8,0
Median	21	3	2	17,5

Når det gjelder bakgrunn i fysikk er forskjellene noe større, men ikke mye. Vi ser fra medianen og gjennomsnittet at for begge kjønn er det vanligste å ha tatt *Fysikk 1*, men forskjellen i gjennomsnittsverdi viser at det er en noe større andel gutter som har tatt *Fysikk 2*. Forskjellene er imidlertid små mellom kjønnene, både når det gjelder fysikk og matematikk.

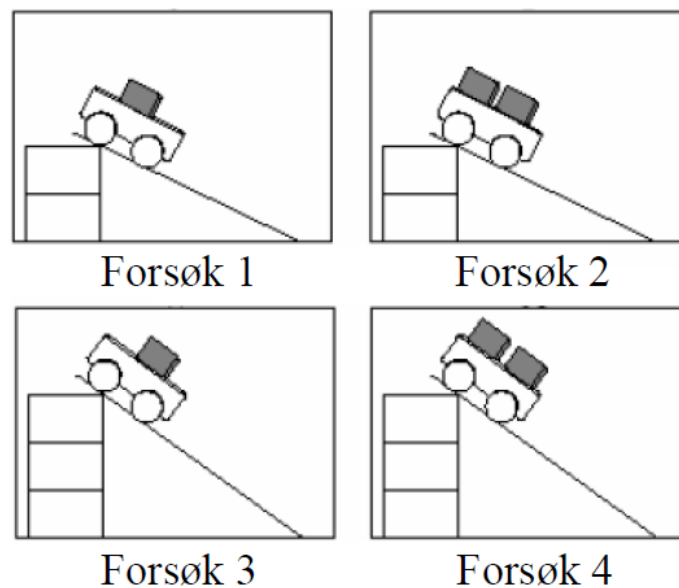
I forhold til hvordan settet slo ut for de to kjønnene er det derimot store forskjeller. Fra Score kolonnen ser vi at brorparten av jentene får mellom syv og 15 poeng på settet, mens de tilsvarende tallene for guttene er 11 og 27 poeng. Guttene gjør det altså markant bedre, med en gjennomsnittlig poengsum som ligger nesten 8 poeng høyere enn hos jentene.

### 4.3 - Utelatte oppgaver

Siden oppgavesettet ikke er ferdigutviklet var det fare for at enkelte av de nye oppgavene kunne vise seg å ikke fungere som ønsket. I denne seksjonen ser vi på to oppgaver hvor dette var tilfellet, og forklarer hvorfor forfatter mener disse enten bør byttes ut eller revideres til neste kjøring av undersøkelsen.

#### Oppgave 29

I prosessen med å taste inn data og lage fasit ble det oppdaget at denne oppgaven inneholdt en feil. Elevene ble spurt om å identifisere de to tilfellene hvor akselerasjonen var minst og størst. Feilen bestod i at begrepet kraft var blitt byttet ut med akselerasjon.



Figur 4: Illustrasjon for oppgave 29

De mulige svaralternativene var **A: Forsøkt 1 og 3**, **B: Forsøk 1 og 4**, **C: Forsøk 2 og 3** og **D: Forsøk 2 og 4**. De forskjellige forsøksoppsettene er illustrert i *Figur 4*. På grunn av nevnte feil er samtlige av de mulige kombinasjonene gitt i oppgaveteksten, riktige. Oppgaven er derfor utelatt i all videre analyse av denne undersøkelsen.

## Oppgave 36

Denne oppgaven handlet om glidefriksjon under akselerasjon. I situasjonen som er beskrevet i oppgaven akselererer en bil mens den har en kasse stående på lasteplanet. Elevene ble spurt om å velge det alternativet av fire mulige som var feil.

Tabell 5: Frekvensfordeling for de forskjellige svaralternativene i oppgave 36.

Oppgave 36			
"Ei kasse står på lasteplanet til en bil som akselererer. Hvilken påstand om friksjonen på kassa er FEIL?"	Frequency	Percent	
Riktig			
A - Når kassa glir, er glidefriksjonen konstant.	51	24,8	
B - Når kassa glir, virker friksjonen mot glideretningen.	23	11,2	
C - Friksjonen forsøker alltid å hindre kassa i å bevege seg i forhold til bilen.	29	14,1	
Feil			
D - Hvis kassa glir og bilen øker akselerasjonen ytterligere, vil glidefriksjonen også øke.	65	31,6	
Total	168	81,6	
Missing	9	38	18,4
Total	206	100	

Fra *Tabell 4* ser vi at alternativ A og D til sammen er valgt av litt over 55% av alle deltakerne i undersøkelsen. Blant dem som har besvart oppgaven står disse alternativene for 69%. De resterende deltakernes valg viser manglende begrepsforståelse i forhold til friksjon, men når det gjelder de som har valgt alternativ A over alternativ D er det vanskeligere å trekke samme konklusjon. Problemet er at det som ser ut til å skille disse to alternativene er kjennskap til en faktaopplysning. Om det er manglende begrepsforståelse eller manglende faktakunnskap i forhold til glidefriksjon som er årsaken, er et åpent spørsmål. En forklaring på den lave korrelasjonen (0,14) denne oppgaven har med poengsummen på resten av settet kan være at det er nødvendig å vite at glidefriksjonen er konstant, for å løse denne oppgaven (vedlegg 4). Det virker med andre ord som dette er en typisk *vet-du-det, så-vet-du-det*-oppgave. Siden det er begrepsforståelsen som i første rekke er interessant i denne undersøkelsen vil oppgave 36 derfor bli utelatt i resten av analysen.

#### 4.4 - Gruppering av oppgaver

For å kunne si noe generelt om resultatene ble det foretatt en eksplorerende faktoranalyse for å prøve å bestemme grupperinger av oppgaver i forhold til begreper innad i settet. En rekke forskjellige parametere ble testet for å komme fram til en mest mulig meningsfylt inndeling. Resultatet er gjengitt i *Tabell 5*. Extraction method ble satt til *principal components*, rotasjonsmetoden ble satt til *varimax*, og antall faktorer ble satt til tre.

**Tabell 6: Gruppering gitt fra faktor analyse (3 faktorer, extraction: principal, rotation: varimax)**

Gruppe navn	Newtons første- og andre lov	Kraftsummer og Newtons tredje lov	Diverse
Antall oppgaver	22	13	7
Oppgave nummer	1,2,3,9,13,14,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,30,31,32,33,35	2,4,11,13,15,16,17,18,25,28,30,34,37	6,10,35,37,38,39,40
Snitt score	0,319	0,316	0,457
Alpha	0,809	0,806	0,646
Varians forklart	17.70%	5.76%	4.80%

Merk at enkelte oppgaver passer inn i mer enn én gruppering. I det store og hele passet de fleste oppgavene begrepsmessig relativt godt inn i grupperingene, men det er enkelte som ikke gjør det. I grupperingen som primært inneholder oppgaver relatert til *Newtons første- og andre lov* ser vi for eksempel at det er oppgaver som handler om *vei-fart-tid*, *akselerasjon* og *vektorer* (oppgave 19 og 20). Siden disse begrepene i høy grad er nødvendige for å fullt ut forstå *Newtons første- og andre lov*, er det ikke vanskelig å forstå hvorfor de blir gruppert sammen med resten av oppgavene i faktoranalysen. På den andre siden vil det å ta med disse oppgavene komplisere bildet når man skal se på deltakernes begrepsforståelse. Disse oppgavene vil derfor ikke bli tatt med når oppgavegrupperingen ”*Newtons første- og andre lov*” undersøkes nærmere.

I grupperingen som primært inneholder oppgaver som omhandler problemer relatert til kraftsummer og *Newtons tredje lov* gir faktoranalysen fire oppgaver som begrepsmessig blir vanskelige å ta med. Oppgavene det er snakk om omhandler *Newtons andre lov* i kontekster som vanskelig kan kobles til de øvrige oppgavene (oppgave 2,3,30 og 34). For resten av

oppgavene er det åpenbare fellestrekket at de krever en vurdering av hva en kraftsum blir enten på et objekt, eller innenfor et system. Denne gruppen har derfor fått navnet ”Kraftsummer og Newtons tredje lov”.

For den tredje grupperingen er det i første omgang vanskelig å se noen åpenbar grunn til at disse oppgavene danner et konstrukt. De omhandler stort sett *Newtons første lov* og problemer hvor summen av kreftene ikke er null, slik at *Newtons andre lov* må nyttes på en eller annen måte. Det er derfor vanskelig å gi denne grupperingen noe navn eller finne noe bakenforliggende begrep som knytter disse sammen på en meningsfylt måte. Det lar seg heller ikke gjøre å gruppere disse oppgavene på noen fornuftig måte når man ser på forskjellige metoder eller løsningsstrategier som kan knytte dem sammen. Det er imidlertid verdt å merke seg at selv om disse oppgavene ikke danner et klart definerbart konstrukt fra et teoretisk standpunkt, så er det ingen grunn til å tvile på at de som oppgaver i FCI bidrar til å måle en deltakers helhetlige mekanikkforståelse. At de ikke enkelt kan klassifiseres i en sub-gruppe er i tråd med advarselen fra utviklerne av FCI, når de advarer mot å legge for mye vekt på enkeltoppgaver eller grupper av oppgaver i settet (Hestenes & Halloun, 1995; Hestenes et al., 1992). Det er også et kjent problem i faktoranalyse at den siste faktoren ofte er en slags *oppsamlingsfaktor*. Alle gruppene, og oppgavene i disse, vil bli nærmere undersøkt i seksjon 4.4.2. En nærmere titt på hvordan de slo ut og på populære distraktorer kan forhåpentligvis avdekke noen fellestrekk som er verdt å undersøke nærmere.

#### **4.4.1 - Latent korrelasjon mellom grupper av oppgaver**

For å undersøke at grupperingene faktisk måler forskjellige underliggende faktorer er det interessant å undersøke den latente korrelasjonen mellom gruppene (seksjon 3.2.4). Dersom denne er for stor i forhold til usikkerheten i gruppene, kan man ikke si at de måler forskjellige faktorer. Hvis dette er tilfellet er det ikke grunnlag for å si at de forskjellige faktorene representerer reelt forskjellige konstrukter. Korrelasjonene mellom de forskjellige gruppene ble funnet ved hjelp av SPSS (vedlegg 5), og  $\alpha$  for hver enkelt gruppe står i *Tabell 6*. Til å regne ut korrelasjonene brukes *Formel 4* (seksjon 3.2.4):

$$r_{12} = \frac{0,699}{\sqrt{0.809 \cdot 0.806}} \approx 0.87$$

$$r_{13} = \frac{0,451}{\sqrt{0.809 \cdot 0.646}} \approx 0.62$$

$$r_{23} = \frac{0.480}{\sqrt{0.806 \cdot 0.646}} \approx 0.67$$

Mellom gruppe en og tre, og gruppe to og tre er det ut i fra disse resultatene ingen grunn til å tvile på at faktorene faktisk måler forskjellige underliggende begreper. Mellom gruppe en og to er korrelasjonen derimot noe høy, men ikke så høy at det er naturlig å slå sammen gruppene til en faktor. Fra et begrepsmessig standpunkt er en relativt høy korrelasjon mellom disse to faktorene å forvente siden de tre lovene alle komplimenterer hverandre. Å lage oppgaver som dreier seg om *Newtons tredje lov* eller kraftsummer lar seg vanskelig gjøre uten å dra inn enten *Newtons første-* eller *andre lov*. En viss grad av overlapp er derfor ventet.

#### 4.4.2 – Resultater for grupperinger

I denne seksjonen redegjøres det for resultatene fra analysen av oppgavene på gruppeinndelt nivå. For hver gruppe redegjøres det for noen særtrekk ved gruppen, og spesielt interessante oppgaver som skal undersøkes nærmere (seksjon 4.4) oppgis.

##### ***Gruppe 1 - Newtons første- og andre lov***

Denne gruppen oppgaver inneholder stort sett oppgaver som krever at deltakere holder fast på *Newtons første -og andre lov* i en eller to dimensjoner. I tillegg er det noen oppgaver som på forskjellige måter krever at deltakerne er komfortable med vektorbegrepet. Med dette menes at de må kunne dekomponere og superposisjonere vektorer i tillegg til kvalitativt å kunne estimere størrelsesforhold ut ifra *Pytagoras' læresetning*. At slike oppgaver kommer med i denne gruppen er ikke overraskende da dette er forutsetninger for å kunne få fullt grep om vektortolkningen av Newtons lover. Fra faktoranalysen inneholdt denne gruppen også to oppgaver relatert til *vei-fart-tid* og *akselerasjon*. Disse har liten interesse i forhold til å avdekke vanlige hverdagsoppfatninger i fysikk. Det de derimot viste, som tidligere påpekt i andre undersøkelser, er at elever ikke har ett klart definert skille mellom disse begrepene (Hestenes & Wells, 1992; Hestenes et al., 1992). Dette kommer til syne ved at de mest populære distraktorene (vedlegg 3) for disse oppgavene viser at elevene blander *posisjon* og

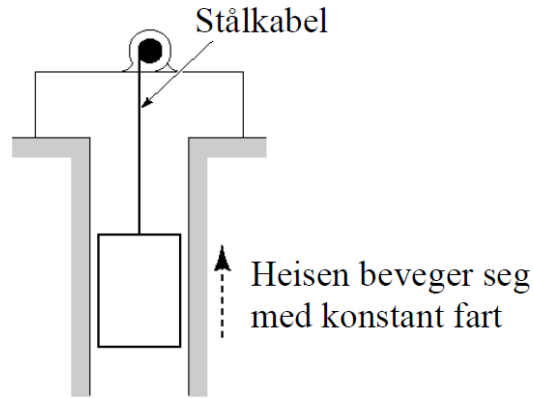


*fart* (oppgave 19) og *fart* og *akselerasjon* (oppgave 20). Fra *Zscore*-tabellene (vedlegg 3) ser vi at det å ikke ha disse grunnleggende begrepene på plass slår negativt ut for resultatet på settet som helhet. Siden disse begrepene er grunnleggende i klassisk mekanikk, kan ikke dette sies å være overraskende.

For resten av oppgavene i denne gruppen ble svaralternativene gjennomgått og klassifisert ut ifra hvilke hverdagsoppfatninger de representerte. Bare distraktorer som hadde blitt valgt av tilstrekkelig mange (~20%), ble tatt med i analysen. Merk at på enkelte oppgaver er det mer enn én distraktor som regnes som signifikant. Enkelte oppgaver viste seg å være vanskelige å knytte til noen kjent hverdagsoppfatning og vil derfor bli utelatt. Dette gjelder for oppgave tre hvor den mest populære distraktoren viser at mange ikke har noe forhold til hvor lang tid det tar før et objekt når terminalhastigheten under *fritt fall*. Det gjelder også for oppgave fjorten, hvor det er tydelig at mange ikke er vandt med å bytte mellom forskjellige referansesystemer. Når oppgave nitten og tjue er fjernet i tillegg til disse står vi igjen med atten oppgaver i denne grupperingen.

### *Bevegelse-krefter-kraft*

På de atten resterende oppgavene forekom distraktorer som representerer *Bevegelse-krefter-kraft*-forestillingen som signifikante hele 17 ganger. Spesielt stor var forekomsten i oppgaver som på en eller annen måte handlet om *Newtons første lov*. I disse oppgavene forekom denne distraktoren som signifikant fem ganger på fire oppgaver. Gjennomgående skjer dette i oppgaver hvor en fart enten er konstant, en kraft av en eller annen grunn slutter å virke på et objekt, eller summen av kreftene på et objekt er null. Typisk vil da elevene ikke klare å holde fast på at konstant fart betyr at summen av kreftene er null og vice versa. For å illustrere den typiske måten denne hverdagsoppfatningen opptrer på, bruker vi en oppgave som eksempel.



Figur 5: Illustrasjon for oppgave 17

I oppgave 17 (vedlegg 1) ble elevene spurt om å beskrive kreftene som virket på en heis. Heisen ble løftet oppover en heissjakt av en stålkabel og beveget seg med konstant hastighet. Situasjonen er illustrert i *Figur 5*. Som i de fleste andre oppgaver av denne typen er problemet at elevene ikke klarer å holde fast på at dersom farten er konstant, så er nettokraften på objektet null.

Tabell 7: Utdrag av tabellen med frekvensfordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 17. Forkortelsen BKK står for *Bevegelse-krever-kraft*. Se vedlegg 3 for full tabell.

Svarfordeling oppgave 17				
En Heis blir løftet med konstant fart av en stålkabel opp gjennom en heissjakt, som vist i figuren nedenfor. Se bort fra friksjon		Frequency	Percent	Mean Zscore
BKK	A – Kraften oppover fra kabelen er større enn tyngdekraften nedover.	95	46,1	-,20
Riktig	B – Kraften oppover fra kabelen er like stor som tyngdekraften nedover.	56	27,2	,75
	C – Kraften oppover fra kabelen er mindre enn tyngdekraften nedover.	1	,5	-,56
BKK	D – Kraften som virker oppover fra kabelen er større enn summen av tyngdekraften og kraften fra lufta nedover.	41	19,9	-,30
	E – Ingen av utsagnene ovenfor er riktige. (Heisen går oppover fordi stålkabelen blir kortere etter hvert som den kveiles inn, og ikke fordi det virker en kraft oppover fra kabelen på heisen)	11	5,3	-,71
	Total	204	99,0	,01
Missing	9	2	1,0	
Total		206	100,0	

Som vi ser fra *Tabell 6* er det i dette tilfellet er det så mange som 46% som ikke klarer å holde fast på *Newtons første lov*. Faktisk blir den mest populære distraktoren valgt av nesten dobbelt så mange som det korrekte svaret. Det er altså ikke bare det at noen deltakere

konsekvent velger distraktorer som representerer denne misoppfatningen som gjør at denne forekommer så mange ganger, men at mange deltakere velger denne typen distraktor hver gang. Fra *Mean Zscore* for denne oppgaven ser vi at elever som velger denne distraktoren ligger 0,2 standardavvik under gjennomsnittet i score, på tross av at antallet som har valgt distraktoren er høyt. Det er altså ikke bare elever på lavere faglige nivåer som velger dette alternativet, men de store massene. Generelt ser vi at typiske *Zscore*-verdier for alternativer som tilsvarer *Bevegelse-krever-kraft*-forestillinger er mellom 0,15 (lav differensiering) og 0,25 (middels differensiering) under gjennomsnittet. Det er noen utliggere i begge retning. I oppgave 21 og 26 ligger de som valgte *Bevegelse-krever-kraft*-distraktorene 0,1 standardavvik over gjennomsnittet, og i oppgave 27 og 23 tilsvarer valg av den samme typen distraktor henholdsvis 0,49 og 0,62 standardavvik under gjennomsnittet. Disse oppgavene vil vi tittle nærmere på under analysen av enkelt oppgaver i seksjon 4.4.

#### *Større-betyr-mer og Dominans*

Den nest mest populære typen distraktor i denne gruppen oppgaver representerer *Større-betyr-mer*-oppfatningen. Disse distraktorene representerer typisk alternativer hvor et større legeme utøver større kraft på et mindre legeme (oppgave 15, vedlegg 1), eller hvor tyngdekraften er større på tyngre legemer, slik at de faller fortere (oppgave 1, vedlegg 1). Grunnen til at disse to misoppfatningene er slått sammen er at det ofte er vanskelig å avgjøre hvilken av de to som er mest fremtredende. På de tjue oppgavene som er med i denne gruppen forekommer *Større-betyr-mer*-distraktoren som signifikant seks ganger. Med tydelig mens at de er denne, og ikke dominansprinsippet, som er nyttet. Nært beslektet til *Større-betyr-mer*-oppfatningen er dominansprinsippet. Dette kommer til syne i oppgaver hvor to krefter virker normalt på hverandre. Den minste av de to blir som regel neglisjert fordi den store overvinner den andre. I andre tilfeller, hvor det er to motsatt rettede krefter, blir som regel den minste «*dominert*» av den store og forsvinner.

*Dominansprinsippet* er ikke like fremtredende som *Større-betyr-mer*. I denne grupperingen forekommer dette tydelig to ganger. Elever som velger alternativene som representerer disse misoppfatningene ligger stort sett mellom 0,2 og 0,4 standardavvik under gjennomsnittlig score for populasjonen. Dette tyder på at misoppfatningen er vanligere blant elever med større faglige utfordringen enn hos de som typisk velger *Bevegelse-krever-kraft*-distraktorene. I gruppen av oppgaver som inneholder denne typen distraktorer skiller oppgave 32 (vedlegg 1)

seg ut som interessant. Dette er på grunn av alternativ B, som tydelig er populært også hos relativt sterke elever. De som velger dette alternativet har typisk en *Zscore* på 0,06 standardavvik under snittscore (vedlegg 3). Hva grunnen til dette kan være er verdt å se nærmere på.

### **Gruppe 2 - Kraftsummer og Newtons tredje lov**

Denne gruppen inneholder stort sett oppgaver som omhandler enten *Newtons tredje lov*, eller tilfeller hvor summen av kreftene er null i enten én eller to dimensjoner. Elevene må enten bruke *Newtons tredje lov*, *Newtons andre lov* (kraftsum lik null i én dimensjon, forskjellig fra null i en annen), eller *Newtons første lov* (kraftsum null i to dimensjoner) avhengig av oppgaven for å komme frem til riktig svar. Gruppen inneholdt også noen oppgaver med konstant fart (*Newtons første*). For å bestemme de interessante distraktorene i denne gruppen ble det brukt samme fremgangsmåte som i *Gruppe 1*. Også i denne gruppen er det *Bevegelse-krefter-kraft* - (11 tilfeller) og *Impetus*-forestillingerne (to tilfeller) som dominerer bildet når vi ser på de populære distraktorene. Når det gjelder tilfeller av *Større-betyrmer*-distraktorer er det fem stykker i denne gruppen. Forholdet mellom forekomsten av de to typene distraktorer er altså noenlunde lik i *Gruppe 1* og *Gruppe 2*, på tross av forskjellen i type oppgaver. Forskjellen mellom grupperingene ligger altså øyensynlig ikke i typen misoppfatninger som er populære, men i begrepene og resonnementene som må til for å løse oppgavene. Oppgaver som peker seg ut i denne gruppen er oppgave 15 hvor hele 58,3% har valgt en *Større-betyrmer*-distraktor og oppgave 34 hvor 33% har valgt en *Bevegelse-krefter-kraft*-distraktor (vedlegg 3).

### **Gruppe 3 - Diverse**

I denne gruppen forekommer *Bevegelse-krefter-kraft*-distraktorer som signifikante fire ganger, *Større-betyrmer*-distraktorer en gang og *Impetus*-distraktorer to ganger. Dermed gir ikke forekomsten av signifikante distraktorer noe klart hint om hvorfor nettopp disse oppgavene grupperes sammen. Det som derimot er interessant er at fem av de syv oppgavene i denne gruppen er helt til slutt i settet. I tillegg til dette, har disse fem oppgavene til felles at det er over 15% ikke-besvart på samtlige av dem. Når man så ser på prosentandelen som har fått til oppgave 6 og oppgave 10, oppdager man at denne er høy for begge disse oppgavene, noe som indikerer at dette er relativt enkle oppgaver. Mistanken om en mulig sammenheng dukker da

opp. Én grunn til at oppgave 6 og 10 grupperes sammen med de siste fem kan være at det er en sammenheng mellom ikke å klare nettopp oppgave 6 og 10, og ikke å rekke å bli ferdig med settet (dvs. ikke besvare oppgave 35-40).

Dersom de deltakerne som hverken klarte oppgave 6 eller oppgave 10 filtreres ut, ser vi at den gruppen vi står igjen med da (69 deltakere) står for ca. 30% av alle ikke-besvarte tilfeller på oppgave 38 og 40, og for ca. 40% på oppgave 35, 37 og 39 (vedlegg 6). Når man undersøker gjennomsnittsscoren til de elevene som ikke har klart enten oppgave 6 eller 10, med de som har fått til begge disse oppgavene, dukker det opp noe interessant. I gruppen som ikke har klart én av oppgavene (134 deltakere) er gjennomsnittsscoren 11,2 poeng, mens i gruppen som har klart begge er den 18,8 poeng (vedlegg 7). Dersom man filtrer ut de som hverken har klart oppgave 6 eller 10, får man samme tendens, om enn ikke like sterk. Dette er fordi de som har klart én av oppgavene, blir med i den resterende gruppen. Gjennomsnittsscoren for de som har klart hverken oppgave 6 eller 10 (69 deltakere) er på 9,3 poeng, men for den større gruppen som består av de som har klart minst én, er den på 15,1 poeng (vedlegg 8).

Ut i fra dette virker det svært rimelig å anta at *Gruppe 3* representerer de oppgavene som slår dårligst ut for de svakeste testdeltakerne, og dermed ikke er veldig interessant som gruppering i forhold til å undersøke misoppfatninger. Det er allikevel én oppgave som skiller seg ut som interessant i denne gruppen. I oppgave 39 er Zscore for dem som velger den mest populære distraktoren 0,19 standardavvik over gjennomsnittet, mens den bare er 0,24 for dem som velger det riktige alternativet. Denne oppgaven vil bli undersøkt nærmere i seksjon 4.4.

### ***Nivågruppering av besvarelsene***

Inspirert av tanken bak Rash-analyse (seksjon 3.2.5) ble deltakerne delt inn i grupper ut i fra deres poengsum på oppgavesettet. Dette ble gjort for å kunne se nærmere på hvordan hver enkelt oppgave differensierer mellom elever på forskjellige faglige nivåer. Når man gjennomfører en slik analyse, er det av interesse å få gruppene så like som mulig i antall for at fordelingen skal bli noenlunde lik, og for å unngå avvikende utslag på grunn av størrelsesforskjeller i grupperingene. På bakgrunn av dette ble besvarelsene delt inn i syv grupper. Antall grupper ble valgt slik fordi dette antallet nivåinndelinger gav likest mulig antall i hver gruppe. Resultatet av dette ble som følger:

**Tabell 8: Oversikt over poengvariasjon og antall besvarelser i hver av de syv nivådelte gruppene. Lavere nivå tilsvarer lavere poengsum på oppgavesettet.**

Nivå	1	2	3	4	5	6	7
Poeng	2-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-19	20-36
Antall besvarelser i gruppen	32	31	26	24	29	30	34

Gjennomsnittlig resultat for hver enkelt gruppe på hver oppgave ble så regnet ut for at det skulle la seg gjøre å plote fordelingen for disse der det måtte være av interesse. Tabell med disse verdiene kan finnes i vedlegg 9. Noe som er svært interessant med denne inndeling er at den gjorde det mulig å undersøke hvilke misoppfatninger er vanlige blant de deltakerne som gjorde det best, på undersøkelsen. For deltakerne på nivå seks og syv var det 14 tilfeller av *Bevegelse-krever-kraft*, to tilfeller av *Impetus*, syv tilfeller av *Større-betyr-mer*, fire tilfeller av *Dominansprinsippet* og ett tilfelle hvor fart og akselerasjon ble blandet. Sammenligner vi dette med resultatet for hele populasjonen (seksjon 4.1), ser vi noe interessant. Forekomsten av *Bevegelse-krever-kraft*-distraktorer har sunket med 12 tilfeller, *Impetus* har sunket med fire tilfeller, forekomsten av distraktorer knyttet til *Dominansprinsippet* er uforandret, og forekomsten av signifikante *Større-betyr-mer* distraktorer har økt med en. I tillegg er det verdt å merke seg at også blant disse deltakerne blandes fart og akselerasjon på oppgave 20 (vedlegg 1 og vedlegg 13).

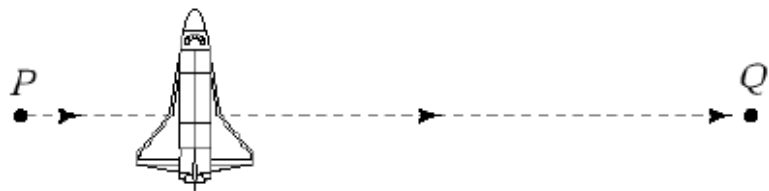
## 4.5 - Analyse av enkeltoppgaver

I denne seksjonen ser vi nærmere på et lite utvalg av oppgaver. Dette er oppgaver som, av en eller annen grunn, skilte seg ut som interessante når frekvens- og *Zscore*-tabellene for hver enkelt gruppering, ble undersøkt i seksjon 4.4.

### Oppgave 21

I denne oppgaven skal elevene beskrive banen til en rakett som driver sidelengs i verdensrommet fra et punkt til et annet. Det informeres om at det ikke virker noen ytre krefter på raketten mens den driver. Oppgavevekten var som følger:

«En rakett driver sidelengs i verdensrommet fra *P* til *Q*, som vist i figuren. Det virker ingen ytre krefter på raketten.

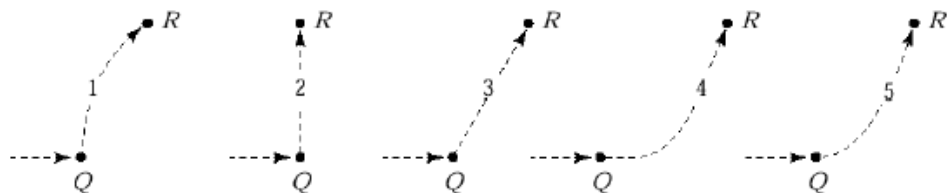


Figur 6: Illustrasjon til oppgave 21

Rakettmotoren blir slått på ved *Q* slik at det virker en konstant kraft på raketten vinkelrett på linjen *PQ*. Den konstante kraften virker inntil raketten er ved *R* i verdensrommet (se nedenfor).»

21. Hvilken bane beskriver best bevegelsen til raketten mellom *Q* og *R*?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



Figur 7: De mulige alternativene elevene kunne velge i oppgave 21

Dette er en typisk *Newtons-andre-lov*-oppgave i to dimensjoner av typen norske elever burde være godt kjent med. Dette er også en nesten ren fysikk oppgave. Den korrelerer svært svakt med de matematiske bakgrunnskunnskapene til deltakerne ( $r = 0,088$ ), og betraktelig høyere med de fysiske ( $r = 0,170$ ) (vedlegg 10). Imidlertid ser vi at bare 35% av deltakerne i undersøkelsen klarer denne oppgaven, til tross for at nesten 75% av de har tatt *Fysikk 1*, eller høyere kurs, og tilsvarende tall for matematikkbakgrunnen (75% har *R1* eller høyere). De mest populære distraktorene er alternativ B og C som til sammen står for ca. 44% av alle

besvarelser på denne oppgaven. Alternativ B (bane 2) representerer et ”klassisk” tilfelle av dominansprinsippet, altså oppfatningen av at med en gang det virker en kraft i retningen QR, overvinner denne startfarten som neglisjeres fra dette punktet.

**Tabell 9:** Utdrag av tabellen med frekvensfordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 21. Dom står for *Dominansprinsippet*, BKK står for *Bevegelse-krever-kraft*. Se vedlegg 3 for full tabell.

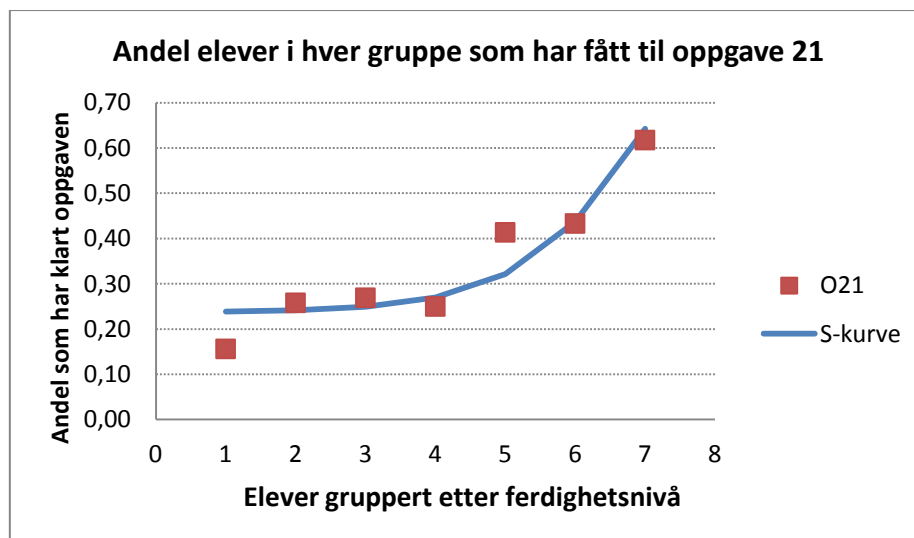
Svarfordeling oppgave 21				
		Frequency	Percent	Mean Zscore(Score)
	A – Bane 1	12	5,8	-,6280430
DOM	B – Bane 2	43	20,9	-,4349583
BKK	C – Bane 3	48	23,3	,1029507
	D – Bane 4	30	14,6	-,3440685
Riktig	E – Bane 5	72	35,0	,4488942
	Total	205	99,5	,0034158
Missing	9	1	,5	
Total		206	100,0	

Fra *Tabell 9* ser vi at det i stor grad er svake elever som velger denne distraktoren (B), og som sliter med denne misoppfatningen. Dette ser vi ved at *Zscoren* til dem som velger dette alternativet viser at de i snitt ligger 0,43 standardavvik under gjennomsnittlig score. Mer interessant blir det når man ser på hvem som velger alternativ C, som kan virke som en grovere misoppfatning. De som velger dette alternativet ligger i snitt 0,1 standardavvik over gjennomsnittet, det er altså 0,53 standardavvik forskjell mellom de som velger alternativ B og de som velger alternativ C, en betydelig nivåforskjell. En mulig tolkning av elevenes resonnement på denne typen oppgaver, er at den konstante bevegelsen fra P til Q impliserer en kraft i bevegelsesretningen (formulert av Clement (1982) etter intervjuer med elever som hadde valgt et tilsvarende alternativ på en tilsvarende oppgave). Dette mener mange til tross for at oppgaven eksplisitt informerer om at det ikke er noen ytre krefter (Clement, 1982). Når en annen kraft så trer inn normalt på den første vil man få et bevegelsesdiagram som ser ut som bane 3 dersom man tenker på denne måten. Det problematiske med denne tolkningen er at man ikke vil forvente at relativt sterke elever resonnerer på denne måten. Dersom vi ser på gjennomsnittsscoren for deltakerne som har valgt dette alternativet ser vi at det stemmer. Deltakerne som har valgt alternativ C har i gjennomsnitt fått 14,56 poeng på settet, noe som ligger litt over gjennomsnittet på 13,96 poeng, men ikke mye. Det blir da mer nærliggende er det å tolke det dit hen at de som velger alternativ C forstår at farten i horisontal retning ikke



opphører når en kraft begynner å virke normalt på den, men kommer frem til galt svar fordi de ikke skiller godt nok mellom fart og akselerasjon.

Når en ser på kjønnsfordelingen i forhold til valg av alternativer dukker det opp noe interessant. Av de 48 som velger alternativ C er 21 av disse gutter, nesten 30% av alle guttene i undersøkelsen. Guttene som velger alternativ C har en *Mean Zscore* som er 0,94 standardavvik høyere enn de som velger alternativ B (2,8% av alle gutter). For jentene ligger de som velger alternativ C (20,3% av alle jenter) 0,094 standardavvik over de som velger alternativ B (30,8% av alle jenter). Trenden hos begge kjønn er altså den samme: deltakerne i hver gruppering som velger alternativ B gjør det dårligere på undersøkelsen enn de som velger alternativ C. Grunnen til den store forskjellen hos gutten i forhold til jentene er mest sannsynlig det lave antallet gutter som velger alternativ B. *Dominansprinsippet* er med andre ord et prinsipp som først og fremst blir benyttet av jentene på denne oppgaven. *Bevegelse-krefter-kraft* er derimot valgt av en signifikant andel hos begge kjønn (vedlegg 11 og 12).



Figur 8: Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Ut i fra Figur 8 ser det ut til at denne oppgaven, på tross av at den er vanskelig, fungerer relativt godt på den måten at det er en god del av deltakerne på de lavere ferdighetsnivåene som klarer den. Trenden er at andelen øker relativt jevnt når ferdighetsnivået øker. At andelen som får den til på de tre høyeste ferdighetsnivåene ikke er høyere en ca. 60% viser på den andre siden at den er vanskelig også for de dyktigste. Det er tydelig at selv for elever som kan

sees på som *newtonske* tenkere er dette en svært utfordrende oppgave, da andelen som får til oppgaven på de tre høyeste nivåene er henholdsvis 41,3%, 43,3% og 61,8% (vedlegg 14).

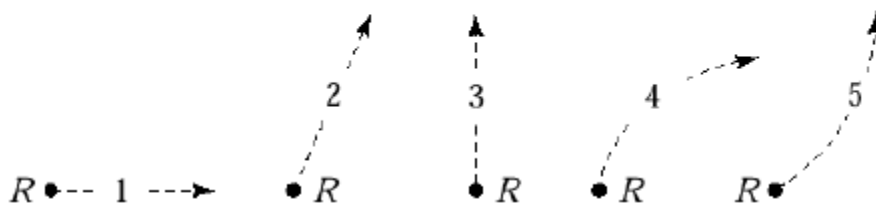
### Oppgave 23

Oppgave 23 bygger på oppgave 21 og handler om hva som skjer dersom motoren slås av etter en viss periode. Deltakerne blir bedt om å beskrive banen til raketten dersom motoren slås av når den når punktet R. Grunnen til at denne oppgaven er interessant er de tjue prosentene som velger alternativ A, og hvor svake de som gjør dette er i forhold til de som velger alternativ C og D (som også er gale).

23. Ved R slås motoren av og kraften på raketten blir umiddelbart null.

Hvilken bane beskriver best bevegelsen til raketten etter at den har passert R?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



Figur 9: Mulige svaralternativer og medfølgende illustrasjon til oppgave 23

Dette er en typisk fysikk oppgave, men den krever at elevene behersker vektorbegrepet. Dette kommer frem ved at den korrelerer med de matematiske bakgrunnskunnskapene til deltakerne ( $r = 0,100$ ), men høyere med de fysiske ( $r = 0,224$ ) (vedlegg 10). De som har valgt alternativ C bruker trolig et *Dominans*-resonnement. Slutningen er at siden det har virket en kraft i *y*-retning, må bevegelsen nå være i samme retning. Alternativ D stemmer med en *Impetus/Bevegelse-krefter-kraft*-oppfatning, hvor bevegelsen i *y*-retning nå gradvis må opphøre, siden kraften i den retningen er borte. Begge disse oppfatningene tyder imidlertid på at det er en viss grad av forståelse inne i bildet, selv om det er et stykke igjen til *Newtons første- og andre lov* kan brukes riktig i to dimensjoner.

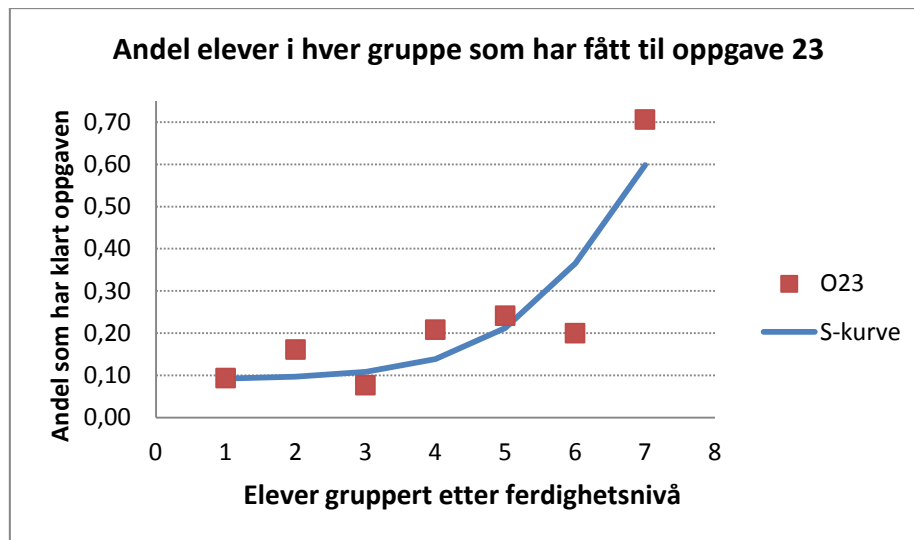
**Tabell 10: Utdrag av tabellen frekvensfordelingen og Zscore for oppgave 23. Mean Zscore kolonnen inneholder den gjennomsnittlige standardnormalfordelte poengsummen på hele settet for de som har valg hvert av alternativene. BKK står for *Bevegelse-krever-kraft*. Se vedlegg 3 for full tabell.**

Svarfordeling oppgave 23				
		Frequency	Percent	Mean Zscore(Score)
BKK	A – Bane 1	47	22,8	-,6172903
Riktig	B – Bane 2	67	32,5	,7652496
	C – Bane 3	43	20,9	-,1998986
	D – Bane 4	40	19,4	-,2526191
	E – Bane 5	6	2,9	-,4595836
	Total	203	98,5	,0039467
Missing	9	3	1,5	
Total		206	100,0	

Når man derimot skal prøve å forstå hva de som har valgt alternativ A, har tenkt, smaker det av en mer bastant bruk av *Bevegelse-krever-kraft*-prinsippet. Deltakerne har trolig tenkt noe i retning av at siden det ikke lenger virker noen kraft i y-retning, kan det heller ikke være noen bevegelse i den retningen. Raketten vil derfor, når motoren slås, av fortsette den bevegelsen den hadde før motoren ble slått på. Intervjuer Clement (1982) har gjort indikerer at elever som tenker på denne måten ikke legger noen særlig vekt på årsaken til den opprinnelige bevegelsen. Isteden slår de seg til ro med at det må være en eller annen kraft som virker på tross av hva som står i oppgaven.

Når man undersøker kjønnsforskjellene dukker det opp noe interessant. Blant guttene har ca. 64% klart oppgaven, og ca. 20% har valgt alternativ D (vedlegg 11). Alternativ D tilsvarende en *Bevegelse-krever-kraft*-forestilling, som beskrevet av Clement (1982). Det at romskipet driver mot høyre impliserer at en uspesifisert kraft virker på det slik at det beveger seg i den retningen. Når motoren slås av vil romskipet returnere til denne bevegelsen. Blant jentene er bildet mer komplisert. Bare 16,5% av dem har fått til oppgaven, og resten av besvarelsene er fordelt utover alternativ A, C og D med henholdsvis 31.6, 27.8 og 19.5 prosent. Alternativ A beskriver på mange måter den samme *Bevegelse-krever-kraft/Impetus*-oppfatningen som alternativ D, forskjellen ligger i hvor fort overgangen skjer. Alternativ C derimot svarer til en *Større-betyr-mer*-oppfatning, som avhengig av styrken og tiden akselerasjonen har fått virke kan ligge relativt nærme sannheten. Dette kommer til syne når en ser på *Mean Zscore* for jentene. De som har valgt alternativ C scorer i snitt litt over 0,3 standardavvik bedre enn de jentene som velger enten alternativ A eller D (vedlegg 12). Dette underbygger tildels

påstanden om at *Bevegelse-krefter-kraft* er en grovere misoppfatning enn *Større-betyr-mer*.



Figur 10: Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe

Det kan altså virke som elevene som velger dette alternativet tviholder på sin egen oppfatning om at *Bevegelse-krefter-kraft*, selv når oppgaveteksten spesifikt informerer om at det ikke er noen kraft inne i bildet. Det virker som de som velger dette alternativet i svært lav grad har tatt til seg, eller forstått, et av de grunnleggende prinsippene klassisk mekanikk bygger på. Dette underbygges av det samlede resultatet på settet hos disse elevene.

Suksessandelen på de forskjellige nivåene underbygger det svarfordelingstabellen antyder: dette er en vanskelig oppgave. Fra *Figur 10* ser vi at bare på det høyeste nivået er det en rimelig sannsynlighet for at en tilfeldig valgt elev skal klare denne oppgaven. Denne oppgaven skiller hardt mellom de som er på nivå seks og under, og de som er på nivå sju. Oppgave 23 er altså det mange vil kalle en "sekseroppgave" i den norske skolen.

## Oppgave 26

Denne oppgaven bygger videre på oppgave 25. I oppgave 25 fikk deltakerne følgende informasjon: «En jente skyver med konstant horisontal kraft på en stor boks, slik at boksen beveger seg med konstant fart  $v_0$  langs et horisontalt gulv». Deltakerne blir nå bedt om å

beskrive bevegelsen til boksen jenta dobler denne kraften. De mulige svaralternativene sammen med den eksakte oppgaveteksten er gjengitt i tabellen under.

Tabell 11: Utdrag av tabellen med frekvens fordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 26. Se vedlegg 3 for full tabell.

Svarfordeling oppgave 26			
«Anta at jenta i forrige oppgave dobler den konstante horisontale kraften hun skyver boksen med langs det samme horisontale gulvet. Hva beskriver best bevegelsen til boksen?»	Frequency	Percent	Mean Zscore
A – Boksen har konstant fart som er dobbelt så stor som farten i forrige oppgave.	33	16,0	-,3108142
BKK B – Boksen har konstant fart som er større enn farten i forrige oppgave, men ikke nødvendigvis dobbelt så stor	80	38,8	-,1371040
C – Boksen har først konstant fart som er større en farten i forrige oppgave, og deretter økende fart.	6	2,9	-,5077148
BKK D – Boksen har først økende fart, og deretter konstant fart.	66	32,0	,1048650
Riktig E – Boksen har jevnt økende fart.	15	7,3	1,5041724
Total	200	97,1	,0260610
Missing 9	6	2,9	
Total	206	100,0	

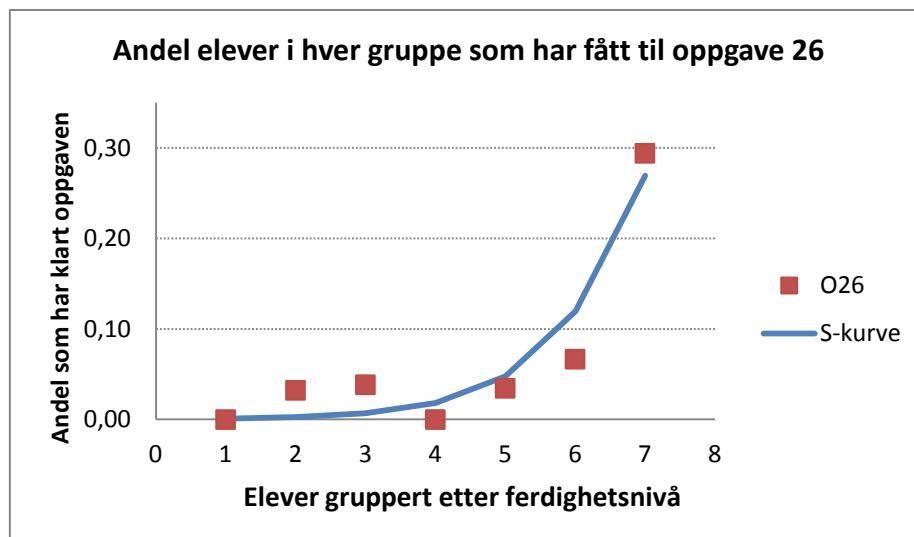
Først og fremst ser vi at dette var en svært vanskelig oppgave for deltakerne på testen, bare 7,3% klarte oppgaven! Faktisk er det ingen andre oppgaver i settet som slo like dårlig ut. Det nærmeste vi kommer dette resultatet er oppgave 34 som bare 14,6% klarte, og oppgave 31 som 16,5% fikk til (vedlegg 3). At oppgaven er vanskelig understrekes ytterligere av at de som klarer denne oppgaven, ligger hele 1,5 standardavvik over gjennomsnittet i score. Det er altså stort sett bare de dyktigste som får til denne. Videre er dette øyensynlig nesten en ren fysikk oppgave, for matematiske bakgrunnskunnskaper er til liten hjelp her ( $r = 0,094$ ). De som har tatt en del fysikk tidligere kommer noe bedre ut av det ( $r = 0,284$ ) (vedlegg 10). Alternativ B er den mest populære distraktoren (38,8%) og viser en typisk *Bevegelse-krever-kraft*-forestilling slik den er definert i denne undersøkelsen. Når vi øker kraften øker farten. Denne distraktorene ble valgt av 26,4% av guttene og 45,9% av jentene. Denne distraktorene er altså det mest populære valget blant jentene (vedlegg 11 og 12).

Grunnen til at denne oppgaven er plukket ut er imidlertid andelen som har valgt alternativ D. Denne distraktoren ble valgt av 43,1% av guttene og 26,3% av jentene. Dette er altså den mest populære distraktoren blant guttene (vedlegg 11 og 12). Det er tydelig at besvarelsene på denne oppgaven er farget av deltakernes erfaringer siden dette er en relativt godt kjent kontekst for de fleste (seksjon 2.2). Særlig alternativ D oppleves nok som riktig for mange basert på erfaring. Hvis man øker kraften når man skyver på en kasse, handlevogn eller andre

objekter føles det nettopp som beskrivelsen i D. Det mange nok ikke tenker over er at når du selv må øke tempoet for å holde følge med objektet du skyver på, klarer du ikke å opprettholde den samme kraften. En annen grunn til at mange tenker dette kan også være at alternativ D beskriver det som faktisk skjer når man trykker inn gasspedalen i en bil, men de tenker nok ikke over at luftmotstanden blir betydelig ved høyere hastigheter.

Fra *Tabell 11* ser vi at de som velger alternativet D ligger 0,1 standardavvik over gjennomsnittet i score, mens de som velger alternativ B ligger 0,14 under. Når *Mean Zscore* for gutter og jenter undersøkes separat blir det imidlertid klart at denne nivåforskjellen kommer av at D er det mest populære alternativet blant guttene, som i gjennomsnitt scorer bedre enn jentene. Forskjellen mellom de guttene som velger alternativ B (*Mean Zscore* = 0.67) og D (*Mean Zscore* = 0.62) er nemlig svært liten. Det samme er tilfellet blant jentene, hvor differansen er på ca. 0.04 høyere *Mean Zscore* for de som velger D. Det er altså forskjell mellom de deltakerne som velger hvert alternativ blant begge kjønn, men denne er liten. Fra et begrepsmessig standpunkt er dette fornuftig da de som velger alternativ D ser ut til å ha kommet et lite skritt lenger i sin forståelse. Grunnen til dette er at de ser ut til å forstå at når kraften økes, må det være en akselerasjon inne i bildet. Det ser her ut til at de som velger alternativ B og D enten har liten tillit til *Newtons andre lov* som prinsipp, eller manglende forståelse for den som prinsipp. Disse deltakerne baser derfor trolig besvarelsene sine på egne erfaringer i liknende kontekster.

Når vi ser på hvordan de forskjellige nivåinndelte gruppene av elever har gjort det på denne oppgaven blir det igjen svært tydelig at dette er en svært vanskelig oppgave. På nivåene 1-5 er det under 4% av elevene i hver gruppe som har klart denne oppgaven. På nivå 6 er det 6,7% som har klart den, og på nivå 7 er det 29,4% som har fått den til (vedlegg 14). Ikke bare er andelen på det høyeste nivået som har klart oppgaven lav, men hoppet i andel mellom nivå 6 og 7 viser også at dette er en oppgave som differensierer svært sterkt mellom de flinkeste og de aller flinkeste elevene.



Figur 11: Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

## Oppgave 27

I denne oppgaven blir elevene spurt hva som skjer med bevegelsen til boksen dersom jenta fra oppgave 26 slutter å skyve på den. Svarfordelingen sammen med *Mean Zscore* og eksakt spørsmålsformulering er gjengitt i tabellen nedenfor.

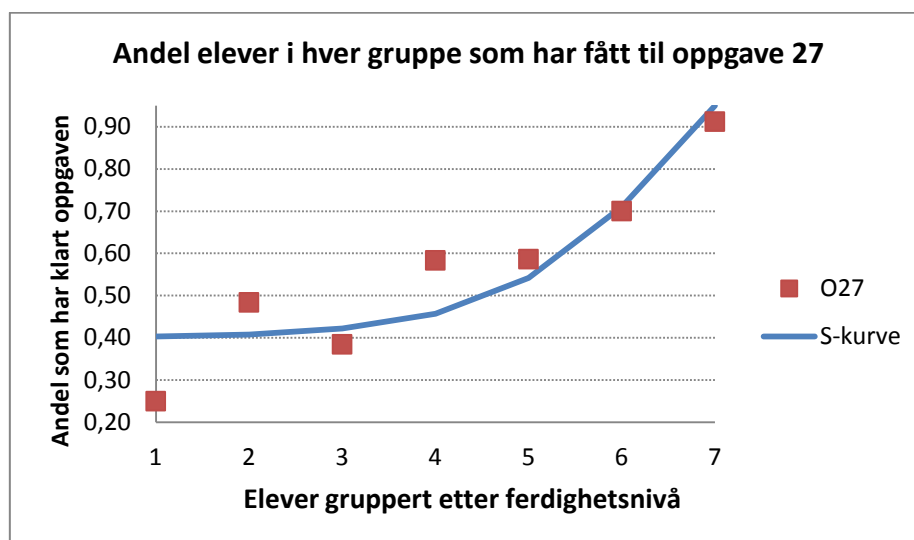
Tabell 12: Utdrag av tabellen med frekvens fordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 27. BKK står for *Bevegelse-krefter-kraft*. Se vedlegg 3 for full tabell.

Svarfordeling oppgave 27				
«Anta at jenta i oppgave 25 plutselig slutter å skyve med horisontal kraft på boksen. Hva beskriver best bevegelsen til boksen nå?»		Frequency	Percent	Mean Zscore
BKK	A – Boksen vil umiddelbart stoppe.	56	27,2	-,4939630
	B – Boksen vil først bevege seg med konstant fart og deretter sakne farten inntil den stopper.	25	12,1	-,4345553
Riktig	C – Boksen vil umiddelbart sakne farten og etter hvert stoppe.	116	56,3	,3428809
	D – Boksen vil fortsette med konstant fart.	2	1,0	,7436983
	E – Boksen vil først øke farten og deretter sakne farten inntil den stopper.	1	,5	-,4114523
	Total	200	97,1	,0116216
Missing	9	6	2,9	
Total		206	100,0	

Det som er interessant her er alternativ A. Dette alternativet representerer en soleklar *Bevegelse-krefter-kraft*-oppfatning. I det øyeblikket jenta slutter å skyve på boksen vil den

stoppe fordi det ikke lenger er noen kraft der som kan holde bevegelsen i gang. I motsetning til i noen av de andre oppgavene med populære *Bevegelse-krever-kraft*-distraktorer er det i denne oppgaven lite i konteksten eller representasjonsformen som kan forvirre, eller lure, de som ikke er helt trygge på *de Newtonske begrepene*. Videre ser ikke deltakernes faglige bakgrunn ut til å være særlig relevant for å få til denne oppgaven. Både matematisk og fysisk fagbakgrunn korrelerer svært svakt med denne oppgaven ( $r < 0,07$ ) (vedlegg 10).

Spesielt interessant her er at dersom en kun ser på guttene opptrer ikke distraktoren A som signifikant. Bare 12,5% av guttene velger distraktoren, og 75% av dem klarer oppgaven. For jentene er bildet annerledes. Distraktoren A velges av 35,7% av jentene, og 46,6% av dem klarer oppgaven. Det kan dermed se ut som, i alle fall i denne konteksten, *Bevegelse-krever-kraft* er en oppfatning som er vanligere hos jentene (vedlegg 11 og 12).



Figur 12: Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Med det i mente er antallet som velger alternativ A interessant, og enda mer interessant er det at det her ikke kan være snakk om gjetning. Dette er svært tydelig dersom man ser på den prosentmessige fordelingen for hvert alternativ. Det er tre alternativer som blir valgt i noen særlig grad på denne oppgaven. Relativt til hverandre halveres antallet som velger hvert av alternativene nedover i rekkefølgen C,A,B, noe som sterkt indikerer at fordelingen ikke har oppstått tilfeldig. De 27,2% som velger alternativ A ser ut til å være de som har forstått *de Newtonske begrepene* dårligst (de som har valgt B er ikke langt bak). Dette kommer til syne

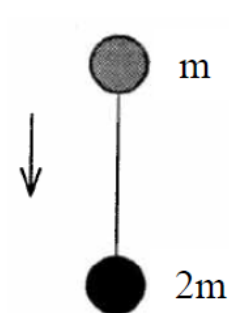


når man ser på avviket fra gjennomsnittlig score på settet for denne gruppen. De som velger alternativ A, scorer i snitt 0,49 standardavvik dårligere enn gjennomsnittet på undersøkelsen, mens de som svarer riktig på denne oppgaven, i snitt ligger 0,34 standardavvik over. Det er altså en stor forskjell på nivået mellom de elevene som velger alternativ A og som velger C.

Et annet moment i forhold til denne oppgaven er at selv om den differensierer mellom de forskjellige ferdighetsnivåene til deltakerne, så er ikke fallhøyden enorm. Det vil si; det er en jevn stigning i andel som får til oppgaven i forhold til faglig nivå, i motsetning til for eksempel oppgave 26 hvor det er et skarpt skille mellom nivå 6 og 7. Fra *Figur 12* ser vi at vanskegraden er slik at den havner i nærheten av vendepunktet på en S-kurve. Dette betyr at selv om en elev på et faglig lavt nivå prøver seg på oppgaven, er det en rimelig sjanse for at elevene vil få til oppgaven. Fra et pedagogisk standpunkt betyr dette at denne oppgaven kan være godt egnet som en treningsoppgave, siden den befinner seg i flytsonen til elever på forskjellige nivåer (Angell et al., 2011; Mathiassen, 2007). Av samme grunn er dette ikke en oppgave som er godt egnet til å skille de dyktigste fra de svakeste. Men som det kommer frem fra *Tabell 12* er den godt egnet til hovedformålet i denne undersøkelsen; å oppdage og klassifisere misoppfatninger og å avgjøre hos hvilke typer elever de forskjellige misoppfatningene er prominente.

### Oppgave 32

I denne oppgaven er to kuler med masse  $m$  og  $2m$  forbundet med en lett snor. Det koblede systemet slippes så fra ro og faller fritt. Elevene blir så spurt om å identifisere snordraget mellom kulene når systemet faller fritt. Det som er problematisk med denne oppgaven er å prøve å identifisere hvilke resonnementer som ligger bak elevenes valg, og dermed å identifisere hvilke misoppfatninger som ligger til grunn for valgene. Fordi dette er en koblede-systemer-oppgave er det problematisk å avgjøre om det er i den matematiske forståelsen, eller i begrepsforståelsen det svikter.



Figur 13: Figuren som viser systemet beskrevet med tekst i oppgave 32.

**Tabell 13: Utdrag av tabellen med frekvensfordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 32. Se vedlegg 3 for full tabell.**

Svarfordeling for oppgave 32				
«To kuler med masse $m$ og $2m$ er forbundet med en lett snor. Systemet blir sluppet fra ro og faller fritt, som vist på figuren (Figur 13). Hvor stort er snordraget når systemet faller fritt? $g$ er tyngdeakselerasjonen.»		Frequency	Percent	Mean Zscore
Riktig	A – 0	51	24,8	,8173108
SM	B – $mg$	53	25,7	-,0600032
SM	C – $2mg$	48	23,3	-,2159190
	D – $3mg$	36	17,5	-,4876601
	Total	188	91,3	,0562915
Missing	9	18	8,7	
	Total	206	100,0	

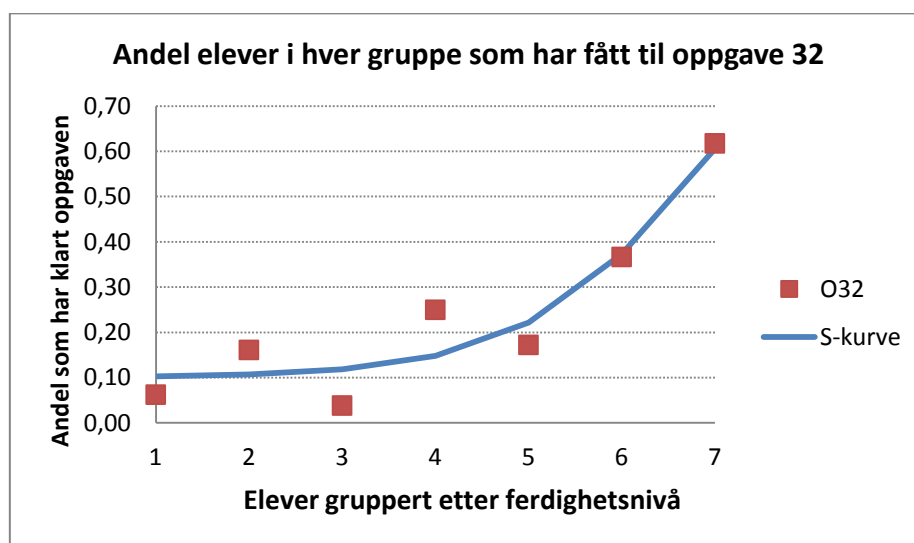
Fra *Tabell 12* ser vi at dette er en vanskelig oppgave. Dette kommer frem ved at de som får den til har en *Zscore* på 0,82. Det vil si at de ligger 0,82 standardavvik over gjennomsnittet, ett standardavvik over de som velger alternativ C. Dette tyder på at denne oppgaven favoriserer de elevene som er faglig sterke i fysikk. Dette underbygges ytterligere av at fysikkbakgrunn korrelerer sterkt med denne oppgaven ( $r = 0,192$ ), mens matematikk kunnskapene ikke ser ut til å ha noe særlig å si ( $r = 0,083$ ) (vedlegg 10). Det første man legger merke til når andelen som har valgt feil på denne oppgaven er så stor, er at mange av dem som ikke får den til sannsynligvis ikke har klart for seg koblingen mellom kraft og akselerasjon. Dersom de hadde hatt det, ville nok flere ha skjønt at snordraget er null, siden kulene ville falt med samme hastighet uavhengig om de er koblet sammen med en snor eller ikke.

Når vi ser på svarfordelingen hos de forskjellige kjønnene kommer det frem noe interessant. Av guttene har 40,3% fått til denne oppgaven, mens 37,5% har valgt enten distraktoren B eller C. Det er altså flere som har fått til oppgaven enn det til sammen er gutter som har valgt signifikante distraktorer. For jente er bildet annerledes. Av jentene har 16,5% klart oppgaven, 29,3% har valgt distraktor B og 26,3% har valgt distraktor C. Denne oppgaven faller med andre ord betydelig letter for guttene. Imidlertid er trenden i forhold *Mean Zscore* på distraktorene den samme. *Mean Zscore* er høyest for de som velger A, så kommer henholdsvis C, B og D i synkende rekkefølge. Det siste som er interessant å merke seg i forhold til dette er at det ut i fra *Zscore* ser ut til å være en større nivåforskjell mellom gutter som velger A og C, enn det er hos jentene (vedlegg 11 og 12).

En annen faktor som kan være kompliserende for mange er uttrykket ”fritt fall”. Dersom en ikke er klar over at dette impliserer at en skal ser bort i fra luftmotstanden er det lett å komme på villspor. Å tenke seg at kulene kunne komme til å falle med forskjellig hastighet på grunn av luftmotstanden blir da et fornuftig resonnement. Med tanke på at nesten 80% av populasjonen i denne undersøkelsen enten har hatt lite fysikk (*Fysikk 1* eller ingenting) og/eller ikke har arbeidet med fysikk på år eller mer, er dette verdt å merke seg (seksjon 4.2).

Når man allikevel skal forsøke å undersøke distraktorene i lys av misoppfatningene de representer, blir det for alternativ C nærliggende å klassifisere dette som en *Større-betyrmer/Dominans*-distraktor. Dersom en gjør det vil resonnementet trolig være noe i retning av at kraften som virker på kulen med massen  $2m$  er større enn den som virker på den andre kulen, så denne bestemmer. Siden kulene er koblet sammen, må begge kulene bevege seg like fort. Derfor må den tyngste kulen dra med seg den lette, og snordraget blir  $2mg$ .

For alternativ B er det nærliggende å tro at mye av den samme tankegangen er tatt i bruk, men resonnementet er tatt et skritt lenger. Siden det allerede virker en kraft  $mg$  på den letteste kulen må den tyngste bare dra den med seg med en kraft  $mg$  for at begge skal oppleve kraften  $2mg$ . Grunnen til at forfatter mener at de som har valgt alternativ B må ha resonnert ett skritt lenger i riktig retning er todelt. For det første ser vi at de som velger alternativ B i gjennomsnitt gjør det 0,15 standardavvik bedre på undersøkelsen enn de som velger alternativ C. For det andre tyder valget av  $mg$  istedenfor  $2mg$  på at disse elevene i det minste har forsøkt å sette opp en kraftsum for å finne ut av hva snordraget må være.



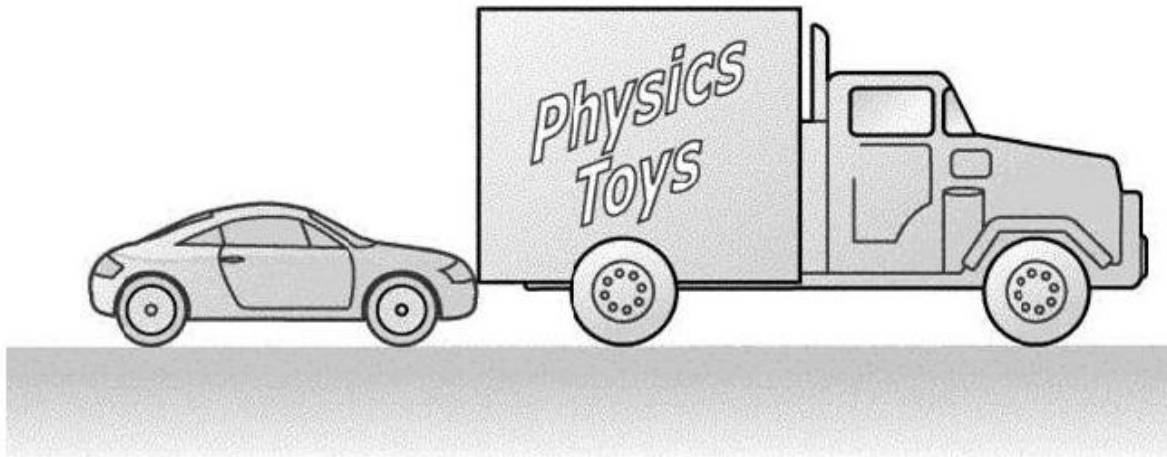
Figur 14: Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Fra *Figur 14* ser vi at oppgaven ser ut til å differensiere godt mellom de fem laveste nivåene og de to høyeste. Det ser ut til å være en mestringsgrense mellom nivå 5 og 6. Dette sammen med at det bare er rundt 25% som har klart å besvare oppgaven tyder på at dette en vanskelig oppgave for mange, men at den fungerer god til å måle den overordnede kompetansen til elever i klassisk mekanikk. På grunn av de vanskelighetene som er nevnt i denne seksjonen er oppgaven imidlertid ikke særlig godt egnet til å avdekke forskjellige misoppfatninger av den typen man prøver å identifisere i denne undersøkelsen. Dette gjør også at forklaringene på at elevene har valgt enten B eller C tas med en klype salt. Det oppgaven derimot egner seg godt til, er å avdekke om elevene har klart for seg koblingen mellom kraft og akselerasjon. Dersom elevene hadde hatt det klart for seg at kraft og akselerasjon er to forskjellige begreper, og at det er akselerasjonen som til en hver tid bestemmer hastigheten til bevegelsen, ville kanskje ikke så mange ha bommet på oppgaven.

Som en notis er det verdt å merke seg at hvilken masse som er hvor er svært viktig for å minimere falske positiver på denne oppgaven. Angell (1996) har tidligere undersøkt flere varianter av denne oppgaven, og fant at andelen som svarer  $mg$  synker både dersom massene byttes, og dersom oppgaven gis i åpent format.

### **Oppgave 15**

Oppgave femten er en typisk *Newtons-tredje-lov*-oppgave, og så ledes svært sentral i det norske fysikkpensumet. I denne oppgaven har en lastebil fått motorstopp, og en liten personbil skyver denne lastebilen. Situasjonen er illustrert i figuren nedenfor.



Figur 15: Illustrasjon for oppgave 15 og 16.

Det blir oppgitt at personbilen som skyver lastebilen hele tiden øker farten sin. Elevene blir så spurt om å velge den påstanden som passer best til situasjonen. Alternativene, sammen med svarfordelingen og den eksakte oppgaveteksten, er gjengitt i tabellen under.

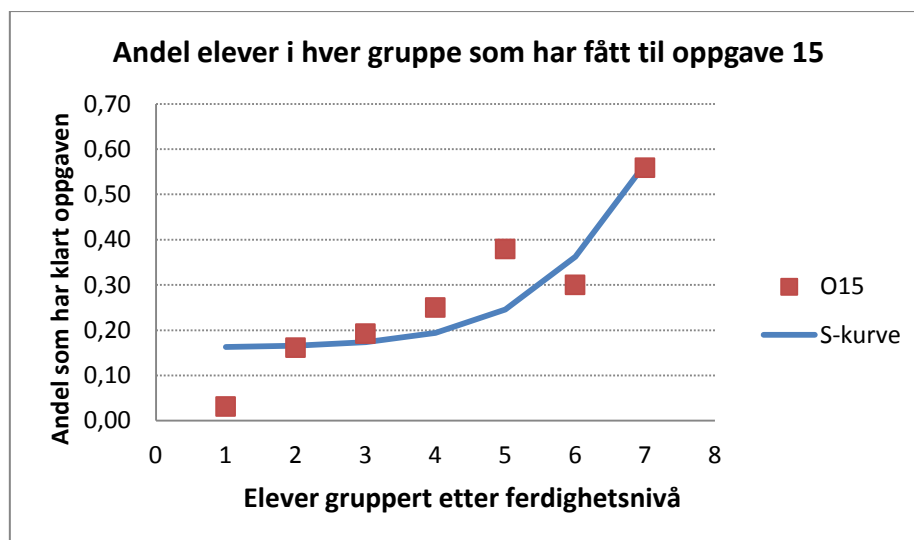
Tabell 14: Utdrag av tabellen med frekvensfordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 32. SM står for *Større-betyr-mer*. Se vedlegg 3 for full tabell.

Svarfordeling for oppgave 15			
«En lastebil får motorstopp. En liten personbil skyver lastebilen som vist i figuren (figur 15). Anta at personbilen som skyver lastebilen øker farten sin hele tiden. Hvilken påstand er best?»			
	Frequency	Percent	Mean Zscore
Riktig A – Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er lik kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.	56	27,2	,5786767
B – Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er mindre enn kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.	18	8,7	-,7965025
SM C – Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er større enn kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.	120	58,3	-,0673137
D – Personbilen skyver på lastebilen fordi den har motoren i gang, men fordi motoren til lastebilen ikke er i gang, skyver ikke lastebilen tilbake på bilen. Lastebilen skyves rett og slett framover fordi den er foran bilen.	10	4,9	-,8735125
E – Det virker ingen krefter mellom personbilen og lastebilen. Lastebilen skyves rett og slett framover fordi den er foran bilen.	1	,5	-,8446337
Total	205	99,5	,0020071
Missing 9	1	,5	
Total	206	100,0	

I forhold til bakgrunnskunnskaper kommer helt klart de som tidligere har tatt fysikk best ut av det her. Med fysikk korrelerer oppgaven med  $r = 0.110$ , mens korrelasjonen med matematikk er null (vedlegg 10). Det som er interessant med denne oppgaven er den store andelen som har valgt alternativ C. Kolonnen som inneholder avviket fra gjennomsnittet viser

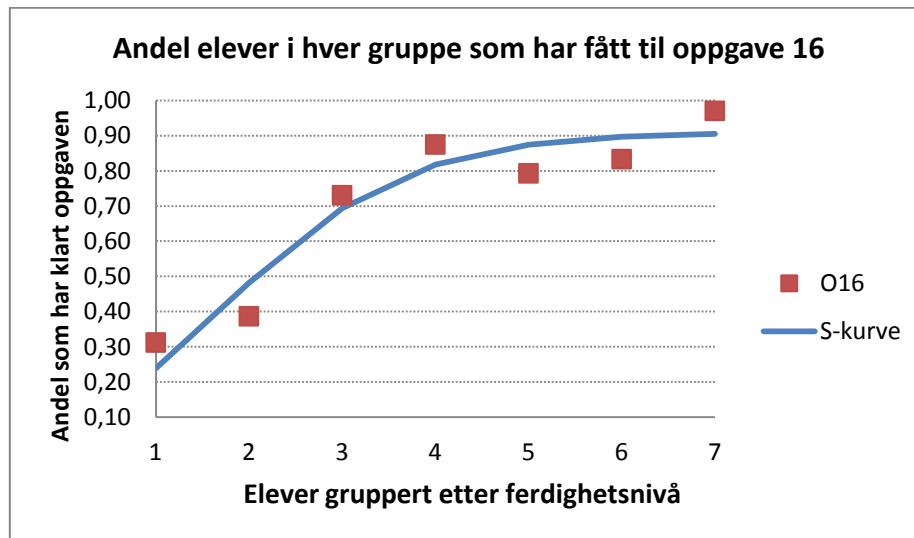
i tillegg at det er den helt gjennomsnittlige deltakeren som velger dette alternativet. Det ser med andre ord ut til at dette er en misoppfatning som er vanlig hos den jevne elev. Når man sammenlikner med oppgave 16 (vedlegg 1), hvor personbilen har konstant hastighet, blir det tydelig at det er det at personbilen akselerer som gjør denne oppgaven vanskelig. Når personbilen har konstant hastighet klarer hele 70% (vedlegg 3) å svare riktig på denne oppgaven. Med andre ord klarer de aller fleste å holde fast på *Newtons tredje lov* når hastigheten er konstant, men med en gang systemet akselereres synker andelen som klarer dette til 27%.

Når det gjelder kjønnsforskjellene på denne oppgaven er ikke disse store i form av misoppfatninger. Andelen gutter som har klart oppgaven er 33,3%, og andelen jenter som har klart den er 24,1%. Den mest populære distraktoren er i begge tilfeller C, som er valgt av 56,4% av jentene, og 61,1% av guttene. Den er altså mer populær hos gutten. Forskjellen ser ut til å primært ligge i at ingen av gutten velger alternativ D eller E, og bare 4,2% av guttene velger alternativ B. Hos jentene står disse tre alternativene til sammen for 19,6% av valgene. Valgmønsteret til guttene er altså tydeligere hos guttene, de velger enten A (riktig) eller C (*Større-betyr-mer*). Den samme trenden lar seg også spore i valgene til jentene, men her er det mer «støy» i form av valg av andre alternativer (vedlegg 11 og 12). Dette tyder på at det er vanligere for guttene å bruke *Større-betyr-mer*-prinsippet for å forklare verden rundt seg.



Figur 16: Tallene 1-7 på x akse beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Når man ser på resultatene for de nivåindelte gruppene underbygges det ytterligere at akselerasjon er et svært vanskelig begrep for deltakerne. Vi ser at når systemet er akselerert må elevene opp på et relativt høyt faglig nivå for å ha en rimelig sjanse for å få til oppgaven. Sammenlikner vi dette med den tilsvarende kurven for oppgave 16 blir poenget enda tydeligere.



Figur 17: Tallene 1-7 på x akse beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Den eneste forskjellen mellom disse to oppgavene er at i den ene ser vi på et akselerert system, i den andre et system med konstant hastighet. I *Figur 13* at i oppgave 16 nås mestringsnivået for oppgaven på et relativt lavt faglig nivå. Allerede på nivå 3 blir det rimelig sannsynlig at en tilfeldig valgt elev i denne gruppen vil få til denne oppgaven ved å bruke *Newtons tredje lov*. Det er mindre sannsynlig at en elev på nivå 7 vil få til oppgave 15 enn at en elev på nivå 3 skal få til oppgave 16. Dette viser at akselerasjon og akselererte systemer er svært problematisk for deltakerne. *Zscore* for de to oppgavene indikerer også at deltakerne som ikke får til oppgave 16 gjør det dårligere på settet som helhet enn de som ikke får til oppgave 15. De som velger distraktor C på oppgave 15, ligger 0,06 standardavvik under gjennomsnittet, mens de som velger distraktor C på oppgave 16, ligger 0,68 standardavvik under gjennomsnittet (vedlegg 3). Dette er en stor forskjell til tross for at *Zscore* påvirkes av antallet som velger en distraktor.

### Oppgave 34

I denne oppgaven skal elevene vurdere fire utsagn om krefter. Elevene blir spurt om å velge det alternativet som er riktigst. Denne formuleringen åpner for at en elev som mener at det er mer enn et riktig alternativ kan prioritere det som samsvarer mest med elevens syn. Dette er viktig siden alle de tre distraktorene kan være passende til en *Bevegelse-krefter-kraft*-oppfatning (seksjon 2.1.1). Den eksakte oppgaveteksten sammen med alternativene og svarfordelingen på oppgaven er gjengitt i tabellen nedenfor.

Tabell 15: Utdrag av tabellen med frekvensfordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 34. Se vedlegg 3 for full tabell.

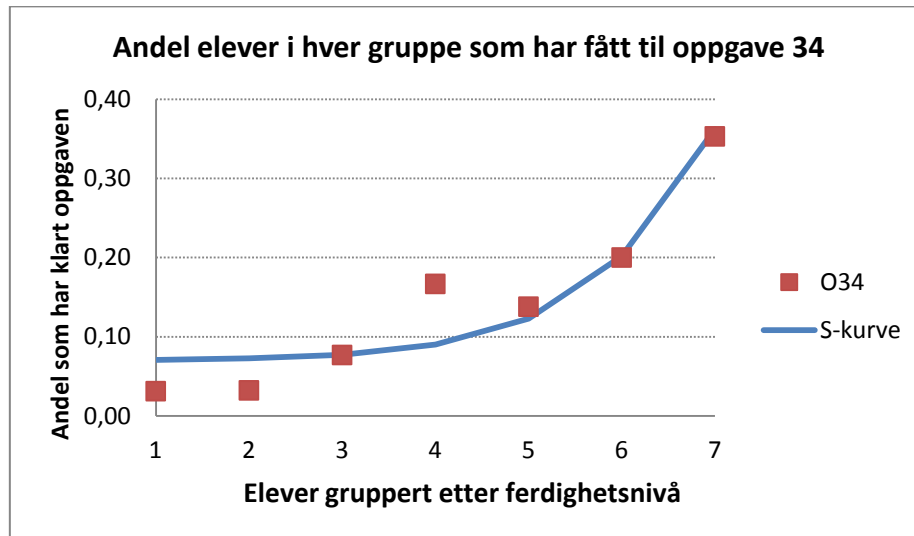
Svarfordeling for oppgave 34				
«Hvilken påstand om krefter som virker på et legeme er riktigst?»		Frekvens	Relativ Frekvens	Mean Zscore
Riktig	A – Kraften fra underlaget kan være større enn vekta til legemet.	30	14,6	,840
	B – Farten til legemet kan avta hvis summen av kreftene er null.	26	12,6	-,617
BKK	C – Legemet må bevege seg i samme retning som den største kraften	68	33,0	,198
BKK	D- Det må virke større krefter på legemet når det beveger seg med høy enn med lav fart.	51	24,8	-,242
	Total	175	85,0	,059
Missing	9	31	15,0	
	Total	206	100,0	

Dette er en typisk fysikkoppgave. Matematiske bakgrunnskunnskaper hjelper lite her ( $r = -0.020$ ), mens de som tidligere har hatt fysikk drar nytte av det ( $r = 0,239$ ) (vedlegg 10). Alternativ D og C er de distraktorene som regnes som signifikante i denne oppgaven (valgt av over 20%). Her ser alternativ D ut til å beskrive en oppfatning som brukes på en mer prinsipiell og grunnleggende måte enn alternativ C. Grunnen til at det virker slik er todelt. For det første ser man fra *Mean Zscore* at de som velger dette alternativet gjør det dårligere på settet som helhet enn de som velger alternativ A eller C. For det andre ligger utsagnet C nærmere sannheten enn utsagn D. Dersom akselerasjonen i en retning er stor nok vil en startfart som står normalt på denne i mange sammenhenger etter hvert bli neglisjerbar dersom man bare ser på farten.

Både for guttene og jentene er distraktoren C mer populær en det riktige svaret. Denne blir valgt av 36,1% av jentene, og 27,8% av guttene. For begge kjønn fremstår også distraktoren D som signifikant, valgt av 27,8% av jentene, og 19,4% av guttene. Forskjellen mellom kjønnene ligger her primært i at det bare er 10,5% av jentene som får til oppgaven, mens det



hos guttene er 22,2% som får den til. Altså er begge distraktorene nesten tre ganger så populære som det riktige svarte hos jentene, og D er nesten like populær som det riktige svaret hos guttene. Dette indikerer at *Bevegelse-krever-kraft* er en vanlig misoppfatning hos begge kjønn i konteksten av denne oppgaven (vedlegg 11 og 12).

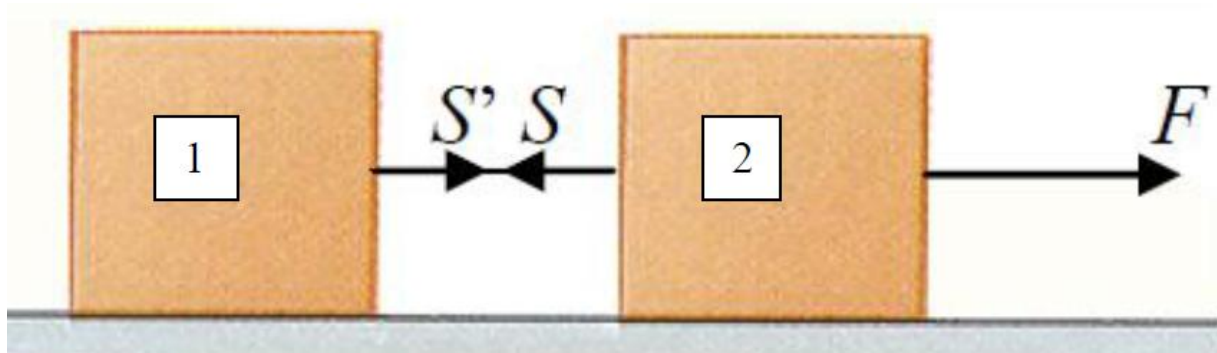


Figur 18: Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Fra Figur 14 ser vi at dette er en vanskelig oppgave. Selv de sterkeste elevene i denne populasjonen har bare rundt 35% sjanse for å få til denne oppgaven. Elever som befinner seg på nivå 1-3 har under 10% sjanse. Spørsmålet her blir om det å så få har fått til denne oppgaven fordi *Bevegelse-krever-kraft*-oppfatningen er det første verktøyet som prøves for å løse oppgaven, eller om den brukes som en backup-løsning når andre metoder ikke fører frem. En sammenlikning med en oppgave som inneholder en kontekst hvor kraften fra underlaget faktisk er større enn vekten til et legeme ville derfor vært interessant. I oppgave 37 står en mann som veier 800N på en vekt mens en heis beveger seg. Elevene blir spurt om hva vekta viser når heisen beveger seg med konstant fart. Det som virket interessant her, var å undersøke om det eksisterte noen sammenheng mellom det å velge alternativ A: ”Vekta viser mer enn 800N” i oppgave 37, og å klare oppgave 34. Dette viste seg imidlertid at det ikke så ut til å være noen sammenheng. Av de som valgte alternativ A på oppgave 37 (52 deltakere) er andelen som fikk til oppgave 34, på 13,7%. Litt mindre enn den tilsvarende andelen for hele populasjonen, men forskjellen er så liten at den indikerer at det ikke er noen sammenheng.

### Oppgave 39

I denne oppgaven er to helt like klosser koblet sammen med en lett snor. Klossene ligger på et friksjonsfritt bord. Den ene klossen blir dratt med en kraft  $F$ . Elevene blir så spurt om å identifisere forholdet mellom kraften  $F$  og snordragene  $S$  og  $S'$ .



Figur 19: Illustrasjon for oppgave 39. Klossene var ikke nummerert i oppgaveheftet.

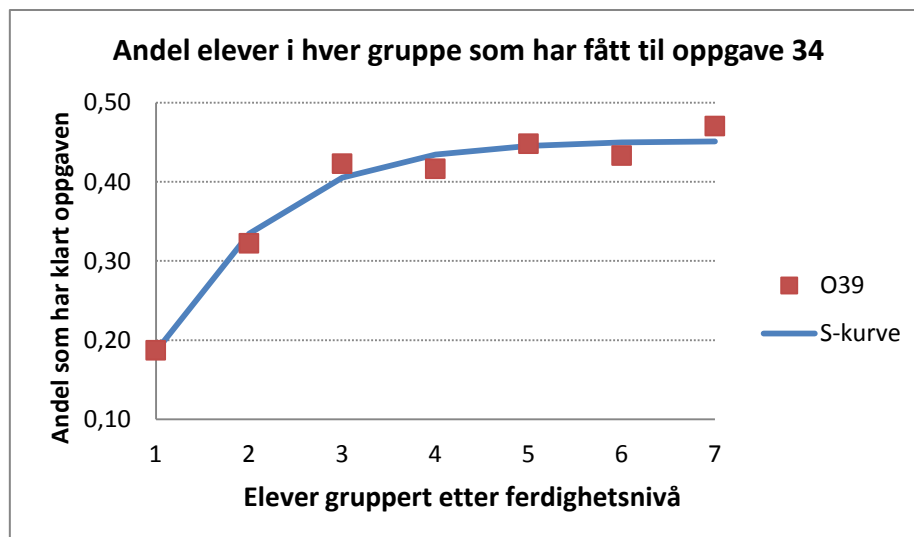
For å komme frem til riktig svar i denne oppgaven må elevene først bruke *Newtons tredje lov* for å bestemme at  $S = S'$ . Så må de dele systemet inn i delsystemer og se på kraftsummene innad i hvert delsystem. For å få til dette må elevene både klare å dele systemet inn på en fornuftig måte, sette opp kraftsummer med riktige fortegn og utføre noen enkle algebraiske manipulasjoner. Matematikkbakgrunnen ser imidlertid ikke ut til å være viktig da korrelasjonen mellom matematiske bakgrunnskunnskaper og poengsum på denne oppgaven er null. Fysikkbakgrunnen har imidlertid litt å si ( $r = 0.180$ ) (vedlegg 10). Mulighetene for å gjøre en feil på ett eller flere av disse punktene er gode. Denne typen ferdigheter kommer til nytte også på andre oppgaver i settet, og det virker derfor rimelig at å mestrer denne typen problemløsning vil slå positivt ut på settet som helhet.

**Tabell 16: Utdrag av tabellen med frekvensfordeling og standard normalfordelt gjennomsnittsscore for de forskjellige alternativene på oppgave 39. Se vedlegg 3 for full tabell.**

Svarfordeling for oppgave 39				
«To helt like klosser ligger på et friksjonsfritt bord. Det er en lett snor mellom klossene. Vi drar i den ene klossen med en kraft $F$ . Hvilken påstand om kraften $F$ og snordragene $S$ og $S'$ er riktigst?»		Frequency	Percent	Mean Zscore
	A – $S > S'$ og $F = S$	16	7,8	-,1858369
	B – $S > S'$ og $F = 2S$	20	9,7	-,3825735
	C – $S = S'$ og $F = S$	45	21,8	,1917930
Riktig	D – $S = S'$ og $F = 2S$	79	38,3	,2410615
	Total	160	77,7	,1065605
Missing	9	46	22,3	
	Total	206	100,0	

Fra *Tabell 16* ser vi at de aller fleste (ca. 78%) av de som har besvart denne oppgaven velger alternativ C eller D. Dette indikerer at de aller fleste klarer å bruke *Newtons tredje lov* på snora. *Figur 19* viser imidlertid at man må være forsiktig med å konkludere med dette. Det er mulig at flere elever har valgt alternativ C eller D rett og slett fordi det på figuren ser ut som snordragene  $S$  og  $S'$  er like. Som vi vet fra seksjon 2.2 er det ikke uvanlig at elever trekker slike slutninger ut ifra representasjonsformen og konteksten til en oppgave. Når man undersøker resultatene i *Mean Zscore* kolonnen i *Tabell 15* ser det imidlertid ikke ut til at dette er tilfellet for de fleste her. Både gruppen av elever som velger alternativ C og de som velger alternativ D gjør det relativt bra på testen, noe som ikke er lett uten å tenke litt kritisk når man skal svare på oppgavene i dette settet. Det er derfor nærliggende å tro at de også har gjort det her.

I forhold til hvordan oppgaven slo ut ser vi fra *Tabell 16* at dette ikke var en av de enkleste oppgavene i settet. På den andre siden slo den heller ikke spesielt dårlig ut sammenliknet med for eksempel oppgave 34 (*Tabell 15*) eller 31 (vedlegg 3). Forskjellen mellom kjønnene ligger i denne oppgaven primært i at alternativene A (valgt av 9% jenter mot 5,6% gutter) og B (valgt av 11,3% jenter mot 6,9% gutter) er mer populære blant jentene. I tillegg er dette den eneste i oppgaven i settet hvor jentene gjør det bedre enn guttene! 39,8% av jentene har fått til denne, mens bare 36,1% av guttene har klart den. Den høyere andelen av jenter som har valgt alternativ A og B betyr at andelen gutter som har valgt alternativ C er 9% større blant guttene (vedlegg 11 og 12). Igjen ser vi altså at svarfordelingen blant guttene er tettere samlet rundt det riktige svaret, og den mest populære distraktoren enn hos jentene.



**Figur 20:** Tallene 1-7 på x-aksen beskriver elevgruppers faglige nivå i stigende rekkefølge ut i fra gjennomsnittlig score på settet. Det er omtrent like mange elever i hver gruppe.

Et annet moment som er interessant ved denne oppgaven kommer til syne i *Figur 20*. Vi ser at mestringsnivået for oppgaven er lavt, allerede ved nivå tre nås omtrent samme grad av sannsynlighet for suksess som på nivå sju. På den andre siden er ikke denne sannsynligheten særlig høy. Selv blant de beste deltakerne i denne undersøkelsen er det under 50% som får til denne oppgaven. Dette kan tyde på det er momenter i denne oppgaven, som ikke noen særlig grad er relevante andre oppgaver, som spiller en stor rolle for å løse denne oppgaven.

## Kapittel 5 – Sammenfatning, diskusjon og konklusjoner

Hovedmålsettingen i denne oppgaven var å kartlegge utbredelsen av misoppfatninger (i mekanikk) blant et utvalg av norske elever. For å gjøre dette ble den norske utgaven av FCI gitt til FYS1000-studentene ved Universitetet i Oslo våren 2013. På bakgrunn av antakelsen om at dersom man klarer å få bukt med de mest grunnleggende misoppfatningene, så vil mange av de andre også falle bort, ble distraktorene på testen delt inn relativt store kategorier av misoppfatninger; *Bevegelse-krever-kraft*, *Impetus*, *Dominansprinsippet* og *Større-betyrmer*. Dette gjorde det mulig å få et overblikk over de mest grunnleggende misoppfatningene og manglene til testdeltakerne. Det lot seg altså gjøre å undersøke det store bildet uten å bli distraheret av alle de mindre forskjellene og variasjonene innad i hver enkelt oppgave. Funnene knyttet til de vanligste misoppfatningene diskuteres i seksjon 5.1

Et annet mål var å undersøke påvirkningskraften til enkelte bakgrunnsfaktorer. Faktorene som ble plukket ut som interessante var fysikkbakgrunn, matematisk bakgrunn og kjønn. Hvordan disse faktorene påvirket resultatet blir diskutert i seksjon 5.2 og 5.3.

Til slutt vil overføringsverdien fra denne undersøkelsens populasjon til elever i den videregående skolen diskuteres i seksjon 5.4. Noen forslag til forandringer legges frem i seksjon 5.5, og noen implikasjoner som funnene i denne undersøkelsen kan ha for undervisning, diskuteres i seksjon 5.6.

### 5.1 – De vanligste misoppfatningene

Hvilken av misoppfatningene som ser ut til å være den mest grunnleggende, kommer tydelig frem fra fordelingen av signifikante distraktorer for settet (seksjon 4.1). I settet var det totalt 52 distraktorer som slo tydelig ut (vedlegg 3). *Bevegelse-krever-kraft* stod for 50% av de signifikante distraktorene, og kan dermed sies å være den viktigste og mest fremtredende misoppfatningen i denne undersøkelsen. Dersom de seks distraktorene som er knyttet til *Impetus*-misoppfatningen tas med, øker denne andelen til 62%. Siden disse to misoppfatningene er nært knyttet til hverandre er dette etter forfatters mening en naturlig måte å gjøre det på.

Den neste misoppfatningen som dukker relativt ofte opp er *Større-betyrmer*. Sammen med *Dominansprinsippet* (som sees som en undergruppe av *Større-betyrmer*), står denne for

brorparten av de resterende signifikante distraktorene, 19% av det totale antallet signifikante distraktorer.

De resterende signifikante utslagene er knyttet til distraktorer som ikke enkelt har latt seg plassere inn i det rammeverket som er laget for denne undersøkelsen, og som heller ikke har noen øyensynlige fellestrekk seg i mellom. Det dreier seg om distraktorer som sjekker faktakunnskap (går det fort eller sakte å nå terminalhastighet?), distraktorer knyttet til vektorregning (finne lengden av osv.), eller distraktorer som går på elevenes evne til å bytte referansesystem (hvordan ser det ut når jeg sitter inne i bilen, og hvordan ser det ut når jeg står utenfor?). Dette er altså distraktorer som ikke kan sies å direkte sjekke for misoppfatninger, men som fortsatt måler kompetanser som er viktige i klassisk mekanikk.

### **5.1.1 – Bevegelse-krefter-kraft**

I populasjonene i denne undersøkelsen, er det liten tvil om hvilken misoppfatning som dominerer bildet. Implikasjonene av at denne misoppfatningen er så utbredt er store. I en populasjon, hvor 75% av deltakerne på undersøkelsen har fullført enten *Fysikk 1* eller høyere kurs i sin videregående opplæring, er gjennomsnittlig poengsum på 13,96 poeng (seksjon 4.2). *De Newtonske begrepene* er altså dårlig forstått for populasjonen som helhet og blir bare konsekvent brukt til å løse oppgaver av en liten andel av deltakerne. Det er imidlertid verdt å merke seg at den store forekomsten av *Bevegelse-krefter-kraft* kan skyldes at alternativer som representerer denne, er overrepresentert i forhold til *Større-betyrmer*-distraktorer.

*Bevegelse-krefter-kraft* er en forestilling som ikke burde eksistere hos de som har forstått *Newtons første- og andre lov*. Om man skal huske noe fra et innføringskurs i klassisk mekanikk burde dette være et absolutt minimum. Særlig med tanke på at dette er en forestilling som fullstendig bryter med selve grunnlaget i klassisk mekanikk. Det viser seg allikevel at selv om de aller fleste av elevene i denne populasjonen tidligere har tatt fysikk i den videregående skole (seksjon 4.2), er det en stor andel som ikke har fått med seg den kanskje mest grunnleggende tolkningen av *Newtons første- og andre lov*, at det er akselerasjon som krever kraft. Om dette kommer av at *Newtons første- og andre lov* ikke er forstått, eller om det skyldes manglende skille mellom fart og akselerasjon, er ikke lett å avgjøre. Det hadde vært ønskelig at det var flere oppgaver (i dette settet er det to) som undersøkte om elevene differensierte mellom disse begrepene. Dersom det hadde vært det,

hadde det vært mulig å trekke en mer informert konklusjon i forhold til hvor de mest grunnleggende manglene er.

### 5.1.2 – Større-betyr-mer og Dominansprinsippet

*Større-betyr-mer*-oppfatningen er etter min oppfatning ikke like kritisk som *Bevegelse-krever-kraft*, selv om denne også selvfølgelig er alvorlig. Grunnen til at jeg mener dette er at i mange oppgaver kan denne forklares med at elevene mangler trening på å dele systemer opp i delsystemer og se på de kreftene som virker innenfor hvert enkelt delsystem. Dermed fremstår denne typen gale svar ikke som et like grunnleggende problem for elevene i forhold til manglende kunnskap innen klassisk mekanikk, som det problemet som dukker opp i forhold til *Bevegelse-krever-kraft*-oppgaver. I mange kontekster kan det virke som det er manglende forståelse av vektorregning som er det grunnleggende problemet, når det gjelder forståelse av oppgaver knyttet til *Større-betyr-mer*-oppfatningen eller *Dominansprinsippet*.

*Dominansprinsippet* blir da ofte benyttet istedenfor vektorsummer.

At disse oppfatningene ikke er like grunnleggende som *Bevegelse-krever-kraft*, underbygges også av funnene i seksjon 4.4.2. Der så vi at forekomsten av signifikante *Impetus* og *Bevegelse-krever-kraft*-distraktorer sank blant deltakerne på nivå seks og sju i forhold til hos hele populasjonen, noe som ikke var tilfellet for *Dominansprinsippet* og *Større-betyr-mer*-oppfatningen. *Dominansprinsippet* og *Større-betyr-mer* ser altså ut til å være vanskeligere å bli kvitt. Dette er i tråd med Dedic et al. (2010) sine funn, som indikerte at elevenes resonneringsevne kunne ordnes i et hierarki hvor elevene gradvis la fra seg misoppfatninger.

Et annet moment som er verdt å merke seg i forhold til *Større-betyr-mer*, er at denne oppfatningen til dels er nært knyttet til *Newtons andre lov*. Dersom denne loven er akseptert og assimilert i tankesettet til en elev, er det grunn til å tro at *Større-betyr-mer* vil falle bort som en konsekvens av dette. Dette gjelder i hvert fall i problemstillinger knyttet til kraft. Grunnen til at jeg mener dette er at mange elever, etter min erfaring, trekker frem kollisjoner som problematiske når de skal prøve å forstå *Newtons tredje lov*. Hvordan kan en si at kreftene er like når bilen fra seksjon 2.1.2 blir slengt lengre enn lastebilen? Når *Newtons andre lov* ikke er forstått, blir heller ikke *Newtons tredje lov* meningsfull for elevene. Objektet med minst masse blir jo slengt lengre bort, og dermed kan ikke kreftene være like store på begge objektene.

I dette synet kan altså *Bevegelse-krever-kraft* og *Større-betyr-mer* settes inn i et hierarki hvor *Bevegelse-krever-kraft* er den mest grunnleggende oppfatningen. Det vil si at dersom en får bukt med denne, bør det være adskillig lettere å få bukt med *Større-betyr-mer*, fordi man allerede har ett tilfelle (kraft) hvor elevene vet at dette resonnementet er feil, og fordi man må forstå *Newtons andre lov* for fullt ut å kunne forstå *Newtons tredje*.

## 5.2 - Faglig bakgrunn

Fra seksjon 4.2 vet vi at de aller fleste deltakerne (ca. 56%) i denne undersøkelsen tidligere har tatt *Fysikk 1*, og at ca. 18% har fortsatt videre med *Fysikk 2* eller høyere kurs. Når det gjelder matematikk har 19,4% tatt R1 eller 2MX, og ca. 55% har tatt R2 eller høyere kurs. Den store andelen av populasjonen har altså på papiret de nødvendige bakgrunnskunnskapene for denne undersøkelsen. Når det gjelder sammenhengen mellom hvordan deltakerne gjør det på undersøkelsen, og hvilke kurs de tidligere har tatt er det, ikke overraskende, fysikkbakgrunnen som er den viktigste faktoren. Fra seksjon 4.2.1 vet vi at korrelasjonene mellom poengsum og matematisk bakgrunnskompetanse var  $r = 0,187$ , mens den for fysikk var  $r = 0,514$  (vedlegg 10). På grunn av måten de forskjellige bakgrunnskunnskapene ble tildelt tallverdier på, må en være forsiktig med å si at forskjellen på bidragene er så og så stor. Imidlertid er, som forventet, bakgrunnskunnskaper i fysikk er langt viktigere for å gjøre det bra på FCI, enn bakgrunnskunnskaper i matematikk. I denne sammenhengen er det interessant å merke seg at oppgave 1, 9, 19, 20, 24 og 27 ikke ser ut til å skille på de to kompetansene i særlig grad (vedlegg 10). Det alle disse oppgavene ser ut til å ha til felles, er at deltakerne må skille mellom fart og akselerasjon for å komme frem til riktig svar. Dette kan indikere at disse begrepene tillegges omtrent like stor, eller liten, vekt i begge fagene.

## 5.3 - Kjønnsforskjeller

I seksjon 4.5 kom noen kjønnsforskjeller frem på en måte som ellers ikke lot seg oppdage. Gjennomgående så vi at det var færre signifikante distraktorer hos guttene. Dette sammen med graden av misoppfatning distraktorene ofte så ut til å representere, og ikke minst den gjennomsnittlige poengsummen hos de forskjellige kjønnene, er i tråd med resultatene fra TIMSS Advanced 2008 (Lie et al., 2010): guttene gjør det i gjennomsnitt bedre enn jentene i fysikk. Med ”graden av misoppfatning” menes det at den gjennomgående trenden er at



andelen som velger distraktorer som har mye ”riktig” i seg, er høyere hos guttene. Så det er ikke bare slik at guttene i snitt scorer høyere enn jentene, men også slik at guttene ofte er ”nærmere” det riktige svaret enn jentene. Disse to faktorene indikerer at det finnes en form for hierarki innenfor typen misoppfatninger.

Når det gjelder typen distraktorer som velges, er trenden hos begge kjønn den samme som for alle deltakerne som helhet: *Bevegelse-krefter-kraft* og *Impetus* er den typen distraktorer, og den typen resonnementer, som er desidert vanligst å ty til. Deretter kommer *Større-betyrmer* og *Dominansprinsippet* (vedlegg 11 og 17).

#### **5.4 - Overførings verdi til den videregående skolen**

For at resultatene i denne undersøkelsen skal ha overføringsverdi til den videregående skolen, er vi avhengige av at populasjonen i undersøkelsen til en viss grad er representativ for et norsk klasserom. Det er to sider ved denne diskusjonen. På den ene siden har studenter som tar FYS1000 ofte ikke planer om å gå videre med fysikken. På den andre siden har rundt 75% av deltakerne på denne undersøkelsen tatt *Fysikk 1* eller høyere kurs. Det betyr at det store flertallet i denne populasjonen på et eller annet tidspunkt har vært elever i et norsk fysikklasserom. Med tanke på at gjennomsnittlig alder er 21,3 år for jente og 22 år for guttene, virker det sannsynlig at en del av deltakerne ikke kommer direkte fra videregående skole. Det gjør at det virker sannsynlig at noen av deltakerne kan ha glemt en del fysikk siden den tid. Til tross for det siste, vil jeg påstå at resultatene fra denne populasjonen synliggjør noen interessante misoppfatninger og problemer, som etter forfatters erfaring ikke er uvanlige hos elever som tar fysikk. Til sammen medfører dette at jeg vil påstå hevde at resultatene fra denne undersøkelsen har verdi i forhold til undervisning i den videregående skolen.

#### **5.5 - Forslag til forandringer**

I tillegg til oppgavene som ble nevnt i seksjon 4.3, er det noen andre oppgaver som etter min mening godt kan byttes ut eller revideres til neste kjøring av denne undersøkelsen. En av disse oppgavene er oppgave 3. I denne oppgaven er det store flertallet inne på riktig spor. Det som øyensynlig skiller de som velger alternativ A (42,7%) og alternativ C (32,5%), er forståelse for hvor fort et fallende objekt når terminalhastigheten. Siden dette ikke er noe som tillegges særlig vekt i de fleste norske klasserom, blir denne oppgaven i større grad en faktasjekk enn

en forståelsessjekk. To andre oppgaver som jeg gjerne skulle ha sett en revisjon av, er oppgave 19 og 20. På grunn av representasjonsformen som brukes i disse oppgavene (bevegelses-diagrammer), blir det vanskelig å avgjøre om det er sviktende forståelse, eller at det er en ukjent type diagram, som gjør at deltakerne ikke får til disse oppgavene. Den siste spesifikke oppgaven som etter min mening trenger en revisjon, er oppgave 39 (seksjon 4.5). Problemet med denne oppgaven er figuren, hvor kreftene  $S$  og  $S'$  fremstår som like lange og motsatt rettede. Problemet med dette er at dersom en spør elever om disse kreftene vil de aller fleste, etter min erfaring, svare at kreftene er like store (som er riktig) fordi det ser slik ut på figuren (som ikke er et holdbart argument). Dette betyr at for det store flertallet elimineres alternativ A og B med en gang på grunn av figuren. Det hadde vært interessant å se hvordan denne oppgaven slo ut med en figur hvor dette ikke er like tydelig.

Utover dette ser de resterende oppgavene på settet ut til å fungere bra. Fra seksjon 4.1 vet vi at reliabiliteten for enkelt oppgavene, og settet som helhet, er god. I forhold til validiteten er det, etter at de nevnte oppgavene fra seksjon 4.3 er utelatt, ingen oppgaver som virker problematiske.

Det som etter min vurdering hadde vært ønskelig hadde vært om det i tillegg til en revisjon av oppgave 19 og 20, hadde blitt lagt til noen flere oppgaver som undersøker deltakernes forståelse av kinematikk-delen. Som nevnt i seksjon 4.4, 4.4.2, og som et gjennomgående problem i flere av enkeltoppgavene som ble undersøkt i 4.5, indikerer forekomstene av *Bevegelse-krefter-kraft-resonnementer* at deltakerne skiller dårlig mellom fart og akselerasjon. I tillegg så vi i seksjon 5.2 at oppgaver hvor fart og akselerasjon er sentrale begreper korrelerer fysikkbakgrunn og matematikkbakgrunn omtrent likt. Totalt er det, i tillegg til de to oppgavene som er direkte knyttet til fart og akselerasjon, seks oppgaver hvor det enten står ”farten er konstant” i oppgaveteksten, eller det riktige alternativet er ”farten er konstant” (vedlegg 1). I alle unntatt én av disse, forekommer minst én *Bevegelse-krefter-kraft* distraktor som signifikant (vedlegg 3). Alt dette bidrar, etter forfatters mening, til sterkt å indikere at fart og akselerasjon er to begreper som er problematiske for mange. Noen ekstra oppgaver for å bekrefte, eller avkrefte dette hadde derfor vært ønskelig.

## 5.6 – Implikasjoner for undervisning

Resultatene i denne undersøkelsen styrker etter forfatters mening synspunktet om at elevens hverdagsforestillinger har en stor innflytelse på deres evne til å tilegne seg *de Newtonske begrepene*. Det betyr at dersom undervisningen ikke tar høyde for dette, vil læringsutbyttet lide. Effektiv undervisning krever mer enn interesserte forelesere og lærere, det krevers også teknisk kunnskap i forhold til hvordan elever tenker og lærer (Clement, 1982; Hestenes et al., 1992; Sjøberg, 2007).

I denne sammenhengen blir det et viktig poeng at for å endre rammeverket eleven tenker innenfor, er det ikke nok å fortelle elevene om misoppfatningene deres. Hverdagsoppfatninger sitter for godt til å kunne fjernes så enkelt. For å få til varige forandringer i elevenes tankesett bør det drives veiledende, konseptbasert undervisning, slik at elevene selv innser styrkene til *de Newtonske begrepene* (Clement, 1982; Hestenes et al., 1992; Scott et al., 2006; Sjøberg, 2007). Misoppfatninger er lettest å bytte ut når de kan erstattes med noe bedre og mer sammenhengende. Det er nettopp dette som er den store fordelen med *de Newtonske begrepene*. De danner et sammenhengende konseptuelt system (Hestenes et al., 1992). Dette står i motsetning til elevenes oppfatninger som ofte er fragmenterte og usammenhengende (Angell, 1996; Angell et al., 2011; Clement, 1982; Halloun & Hestenes, 1985; Hestenes et al., 1992).

Så hvordan skal man som lærer legge til rette for at flest mulig adopterer *de Newtonske begrepene*? I siste avsnitt i seksjon 5.5 diskuteres innvirkningen kinematikk delen av fysikken har på elevenes begrepsforståelse i forhold til *de Newtonske begrepene*. Poenget med å dra frem dette er tanken om å løse et problem på laveste mulig inngrepsnivå, det vil sli tanken om å kvele et problem i fødselen (når det fortsatt er lite og håndterelig), før det får vokst seg for stort til å lett kunne løses. Dersom antakelsen om at disse to begrepene er problematiske, og at elever skiller dårlig mellom dem stemmer, vil læringsutbyttet sannsynligvis være lidende dersom dette ikke adresseres før en starter å undervise kraftkonseptet. Det er også et poeng som er nevnt flere ganger tidligere, at dersom en får bukt med de grunnleggende misoppfatningene, vil mange av de andre naturlig falle bort (Hestenes et al., 1992; Scott et al., 2006). Det blir derfor viktig å få kontroll på dette så tidlig som mulig. Siden kraft og akselerasjon er så sammenknyttet vil det være svært vanskelig å forstå *Newtons første- og andre lov* uten først å forstå akselerasjon. Det vil i så fall føre til at *de Newtonske begrepene* kan virke usammenhengende for mange.

Noen vil nok argumentere for at dette ikke er fysikklærerens ansvar, fordi elevene i den norske videregående skolen lærer om akselerasjon i matematikken. Et annet argument vil være at man ikke har tid til å ta for seg dette i fysikktimene, siden pensum forutsetter at akselerasjon og fart er kjente begreper. Jeg vil argumentere for at dette er noe som undervises rent matematisk ut i fra definisjonen av den deriverte i mange klasserom, og at spranget fra en slik instrumentell tilnærming, til den konseptuelle forståelsen som er nødvendig for å fullt ut forstå *de Newtonske begrepene*, blir stort for mange elever. Et annet poeng jeg synes er svært viktig er at *de Newtonske begrepene* er noe av det viktigste og mest grunnleggende i hele fysikkfaget. Dersom realiteten er at forskjellen på fart og akselerasjon ikke er klar for elevene, vil dette være til hinder for å lære og å forstå det som etter min vurdering kanskje er det viktigste å ta med seg fra fysikken i videregående skole. Dersom en ikke kan sette av tid til å rette opp dette, bør tidsprioriteringen revurderes.

## Referanser

- Andrich, D. (Ikke publisert). *Administering, analysing and improving tests*.
- Angell, C. (1996). *Elevers fysikkforståelse - En studie basert på utvalgte fysikkoppgaver i TIMSS*. Dr.scient-avhandling, Universitetet i Oslo, Oslo.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Kristiansand: Høyskoleforl.
- Angell, C., Kjærnsli, M., & Lie, S. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Ary, D., Jacobs, L. C., & Sorensen, C. (2010). *Introduction to Research in Education* (8. ed.). Belmont, CA, USA: Wadsworth, Cengage Learning.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American journal of physics*, 50(1), 66. doi: 10.1119/1.12989
- Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to classical & modern test theory*. Orlando, Florida: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Cronbach, L. j. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. doi: 10.1007/BF02310555
- Cronbach, L. J., & Shavelson, R. J. (2004). My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 64. doi: 10.1177/0013164404264117
- Dedic, H., Rosenfield, S., & Lasry, N. (2010). Are all wrong FCI answers Equivalent? [Article]. *AIP Conference Proceedings*, 1289(1).
- Devore, J. L., & Berk, K. N. (2007). *Modern Mathematical Statistics with Applications*. Belmont, Ca, USA: Thomson Higher Education.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2 & 3), 105-225.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12. doi: 10.3102/0013189X023007005
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using spss* (3. ed.). 55 City Road, London: SAGE Publications Inc.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11).
- Heller, P., & Huffman, D. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory: A Reply to Hestenes and Halloun. *The Physics Teacher*, 33(8), 503. doi: 10.1119/1.2344279
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory A response to Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33(8), 502-506. doi: 10.1119/1.2344278
- Hestenes, D., & Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30(3), 159-166. doi: 10.1119/1.2343498
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
- Huffman, D., & Heller, P. (1995). What Does the Force Concept Inventory Actually Measure? *The Physics Teacher*, 33(3), 138-143.
- Jauhiainen, J., Koponen, I. T., & Lavonen, J. (2001). The Force Concept Inventory in Diagnosing the Conceptual Understanding of Newtonian Mechanics in Finnish Upper Secondary Schools. In M. Ahtee, O. Björkvist, E. Pehkonen & V. Vatanen (Eds.), *Research on Mathematics and Science Education - From Beliefs to Cognition, from Problem Solving to Understanding* (pp. 101-114). University of Jyväskylä: Institute for Educational Research.
- Kolstø, S. D. (2009). Vektlegging av lesing i naturfaget. *NorDiNa*, 5(1), 61-88.

- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. *Science and Education*, 12(1), 91-113. doi: 10.1023/A:1022665519862
- Lie, S., Angell, C., & Rohatgi, A. (2010). *Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole*. Oslo: Unipub.
- Lie, S., Hopfenbeck, T. N., Ibsen, E., & Turmo, A. (2005). *Nasjonale prøver på ny prøve*. Universitetet i Oslo: Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling.
- Malone, K. L. (2008). Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 4(2), 020107.
- Mathiassen, K. (2007). Differensiert undervisning. In R. M. (red) & H. Flademoe (Eds.), *Lektor - adjunkt - lærer: Innføringsbok i praktisk-pedagogisk utdanning*. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 020109.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2012). Relations between representational consistency, conceptual understanding of the force concept, and scientific reasoning. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 010123.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy. *Sci Ed*, 87, 224-240. Retrieved from doi:10.1002/sce.10066
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and Science: Each in the Service of the Other. *SCIENCE*, 328.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Sarnowsky, J. (2007). Concepts of Impetus and the History of Mechanics. In W. R. Laird & S. Roux (Eds.), *Mechanics and Natural Philosophy Before the Scientific Revolution* (pp. 121-145): Springer Netherlands.
- Savinainen, A. (2001). An Evaluation of Interactive Teaching Methods in Mechanics: Using the FCI to Monitor Student Learning. In O. Björkqvist, E. Pehkonen, V. Vatanen & M. Ahtee (Eds.), *Research on Mathematics and Science Education - From Beliefs to Cognition, from Problem Solving to Understanding* (pp. 115-132). University of Jyväskylä: Institute for Educational Research.
- Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The Tension Between Authoritative and Dialogic Discourse: A fundamental Characteristic of Meaning Making Interactions in High School Science Lessons. Retrieved from doi:10.1002/sce.20131
- Sjøberg, S. (2007). Constructivism and learning. In E. Baker, B. McGaw & P. Peterson (Eds.), *International Encyclopaedia of Education 3rd Edition*. Oxford: Elsevier.
- Tufte, P. A. (2000). En intuitiv innføring i logistisk regresjon (Vol. 8). Lysaker: Statens Institutt for forbruksforskning.

## VEDLEGG 1

### Flervalgsoppgaver om krefter 1

#### Sporreskjema

UiO :

Universitetet i Oslo



Høyskolen i Østfold

Navn/ID: \_\_\_\_\_

FYS1000 18. januar 2013

***Informasjon:***

Ikke begynn med oppgavene før du får beskjed om å starte!

Alle oppgavene i heftet er såkalte flervalgsoppgaver. På flervalgsoppgaver skal du svare ved å sette ring rundt den bokstaven som står ved det svaret du mener er riktigst. Hvis du bestemmer deg for å forandre et svar, skal du enten viske svaret ditt godt ut eller sette et kryss «X» over det første du skrev og deretter sette ring rundt det riktige svaret. Du skal ikke gjette, men velge det svaret du tror er riktigst!

Du har 40 minutter på å besvare oppgavene og 5 minutter på å besvare spørreskjemaet.

LYKKE TIL!

| *Oppgavene begynner her:*

1. To like store metallkuler blir sluppet samtidig fra taket på en lav bygning. Den ene veier dobbelt så mye som den andre.

Hva beskriver best hvor lang tid kulene bruker på å nå bakken?

- A. Den tunge kula bruker omtrent halvparten så lang tid som den lette.
- B. Den lette kula bruker omtrent halvparten så lang tid som den tunge.
- C. Begge kulene bruker omtrent like lang tid.
- D. Den tunge kula bruker mye kortere tid, men ikke nødvendigvis halvparten så kort.
- E. Den lette kula bruker mye kortere tid, men ikke nødvendigvis halvparten så kort.

2. De to metallkulene fra forrige oppgave triller med samme fart utfor et horisontalt bord.

Hva beskriver best hvor kulene lander?

- A. Begge kulene lander omtrent like langt fra bordet.
- B. Den tunge kula lander omtrent halvparten så langt fra bordet som den lette kula.
- C. Den lette kula lander omtrent halvparten så langt fra bordet som den tunge kula.
- D. Den tunge kula lander mye nærmere bordet enn den lette kula, men ikke nødvendigvis halvparten så langt unna bordet.
- E. Den lette kula lander mye nærmere bordet enn den tunge kula, men ikke nødvendigvis halvparten så langt unna.

3. En stein blir sluppet mot bakken fra taket på en lav bygning.

Hva beskriver og forklarer best bevegelsen til steinen?

- A. Den oppnår raskt maksimal fart etter at den slippes og faller deretter med konstant fart.
- B. Den øker farten mens den faller, fordi tyngden øker jo nærmere bakken steinen kommer.
- C. Den øker farten fordi tyngden som virker på den er tilnærmet konstant.
- D. Den faller fordi det er naturlig for alle objekter å komme til ro på jordas overflate.
- E. Den faller fordi både tyngden og en kraft fra luften trekker den nedover.



## Vedlegg 1

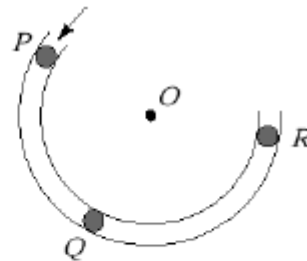
4. En lastebil frontkolliderer med en personbil.

Hva beskriver best kreftene som virker under kollisjonen?

- A. Kraften fra lastebilen på personbilen er større enn kraften fra personbilen på lastebilen.
- B. Kraften fra personbilen på lastebilen er større enn kraften fra lastebilen på personbilen.
- C. Det virker ingen krefter mellom dem, personbilen smadres fordi den kommer i veien for lastebilen.
- D. Det virker en kraft fra lastebilen på personbilen, men det virker ingen kraft fra personbilen på lastebilen.
- E. Kraften fra lastebilen på personbilen er like stor som kraften fra personbilen på lastebilen.

**BRUK TEKSTEN OG FIGUREN NEDENFOR TIL Å SVARE PÅ DE TO NESTE OPPGAVENE (5 og 6).**

Figuren viser en del av et horisontal sirkelformet friksjonsfritt rør med sentrum i O. Du ser ovenfra og ned på bordet. Se bort fra luftmotstanden og friksjonen. En kule skytes med stor fart inn ved P og kommer ut igjen ved R.



5. Vi vil her se på følgende krefter:

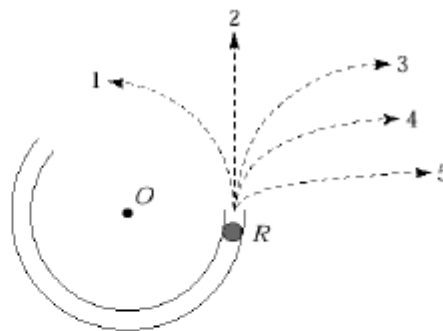
- 1. En tyngdekraft nedover (dvs. *inn* i arket på tegningen).
- 2. En kraft fra Q mot O.
- 3. En kraft i bevegelsesretningen.
- 4. En kraft fra O mot Q.

Hvilke(n) av disse kreftene virker på kula når den er ved Q i det friksjonsfrie røret?

- A. Bare 1.
- B. 1 og 2.
- C. 1 og 3.
- D. 1, 2, og 3.
- E. 1, 3 og 4.

6. Hvilken bane beskriver best bevegelsen til kula etter at den kom ut ved R?

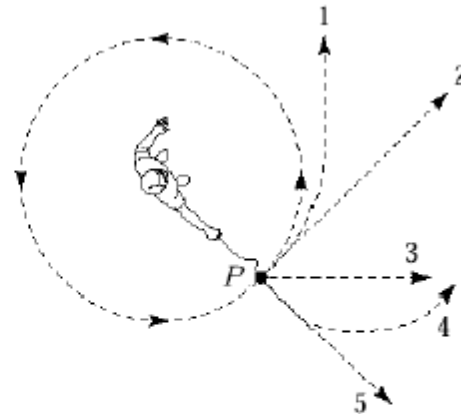
- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



7. Ei stålkule som er festet til et tau blir svingt rundt i en horisontal sirkelbane som vist i figuren. Ved P løsner kula fra tauet.

Sett ovenfra, hvilken bane beskriver best bevegelsen til kula etter at den løsnet?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



**BRUK TEKSTEN OG FIGUREN NEDENFOR TIL Å SVARE PÅ DE FIRE NESTE OPPGAVENE (8 til 11).**

Figuren viser en ishockey puck som glir på isen fra P til Q. Du ser ovenfra og ned på pucken. Se bort fra friksjonen.

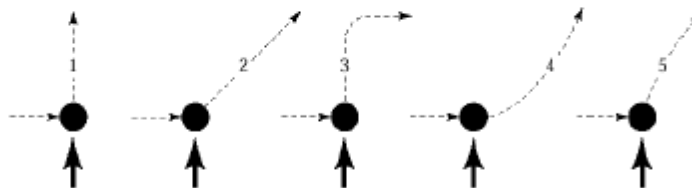
Pucken har retlinjet bevegelse med konstant fart  $v_0$ .



I Q får pucken et kort horisontalt støt i retning av den tykke pila. Hvis pucken hadde ligget i ro ved Q, ville støtet gitt pucken horisontal bevegelse med fart  $v_k$  i støtretningen.

8. Hvilken bane beskriver best bevegelsen til pucken etter støtet?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



9. Hvor stor er tallverdien til farten til pucken rett etter støtet?

- A. Lik farten  $v_0$  den hadde før støtet
- B. Lik farten  $v_k$  fra støtet uavhengig av farten  $v_0$
- C. Lik summen av tallverdiene til fartene  $v_0$  og  $v_k$
- D. Mindre enn både farten  $v_0$  og farten  $v_k$
- E. Større enn både farten  $v_0$  og farten  $v_k$ , men mindre enn summen av tallverdiene deres

10. Hva beskriver best farten til pucken langs den friksjonsfrie banen du valgte i oppgave 8?

- A. Farten er konstant.
- B. Farten er økende.
- C. Farten er avtakende.
- D. Farten er først økende og deretter avtakende.
- E. Farten er først konstant og deretter avtakende.

## Vedlegg 1

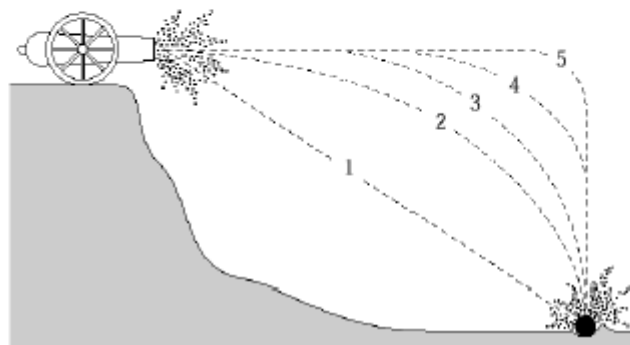
11. Hva beskriver best hvilke(n) kraft eller krefter som virker på pucken langs den friksjonsfrie banen du valgte i oppgave 8?

- A. En tyngdekraft nedover.
- B. En tyngdekraft nedover og en horisontal kraft i bevegelsesretningen.
- C. En tyngdekraft nedover, en horisontal kraft i bevegelsesretningen og en kraft fra overflaten oppover.
- D. En tyngdekraft nedover og en kraft fra overflaten oppover.
- E. Ingen (ingen krefter virker på pucken).

12. En kule blir skutt ut fra en kanon ved kanten av et stup.

Hvilken bane beskriver best bevegelsen til kanonkula?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



13. En gutt kaster en stålkule rett oppover. Se bort fra luftmotstanden.

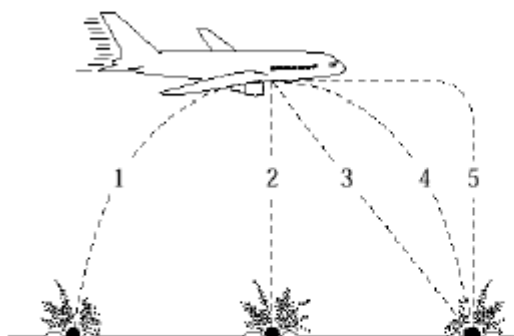
Hvilke(n) kraft eller krefter virker på kula etter at den har forlatt hånda til gutten men før den treffer bakken?

- A. En tyngdekraft nedover og en jevnt avtagende kraft oppover.
- B. En jevnt avtagende kraft oppover inntil kula når sitt høyeste punkt, og deretter en jevnt økende tyngdekraft mens kula er på vei ned.
- C. På vei opp virker en konstant tyngdekraft nedover og en jevnt avtagende kraft oppover inntil kula når sitt høyeste punkt. På vei ned virker bare en konstant tyngdekraft nedover.
- D. Det virker bare en konstant tyngdekraft nedover.
- E. Ingen av beskrivelsene ovenfor er riktige. Kula faller fordi det er naturlig for alle objekter å komme til ro på jordas overflate.

14. En bowlingkule faller ved et uhell ut av lasterommet til et fly mens det flyr i lufta horisontalt med bakken.

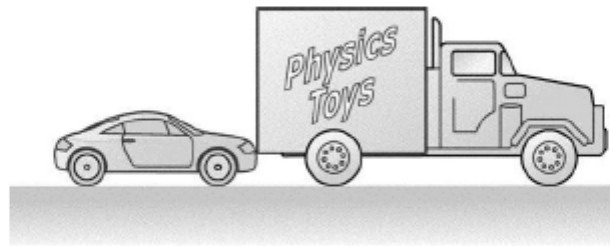
Sett fra bakken, hvilken bane beskriver best bevegelsen til kula etter at den falt ut av flyet?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



**BRUK TEKSTEN OG FIGUREN NEDENFOR TIL Å SVARE PÅ DE TO NESTE OPPGAVENE (15 og 16).**

En lastebil får motorstopp. En liten personbil skyver lastebilen som vist i figuren nedenfor.



15. Anta at personbilen som skyver lastebilen øker farten sin hele tiden.

Hvilken påstand er best?

- A. Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er lik kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.
- B. Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er mindre enn kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.
- C. Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er større enn kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.
- D. Personbilen skyver på lastebilen fordi den har motoren i gang, men fordi motoren til lastebilen ikke er i gang, skyver ikke lastebilen tilbake på bilen. Lastebilen skyves rett og slett framover fordi det er foran bilen.
- E. Det virker ingen krefter mellom personbilen og lastebilen. Lastebilen skyves rett og slett framover fordi det er foran bilen.

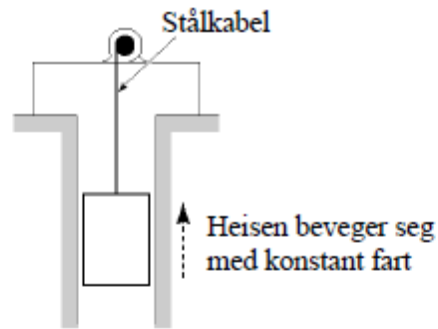
16. Anta *nå* at personbilen som skyver på lastebilen har konstant fart.

Hvilken påstand er best?

- A. Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er lik kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.
- B. Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er mindre enn kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.
- C. Kraften som virker fra personbilen på lastebilen er større enn kraften som virker tilbake på personbilen fra lastebilen.
- D. Personbilen skyver på lastebilen fordi den har motoren i gang, men fordi motoren til lastebilen ikke er i gang, skyver ikke lastebilen tilbake på bilen. Lastebilen skyves rett og slett framover fordi det er foran bilen.
- E. Det virker ingen krefter mellom personbilen og lastebilen. Lastebilen skyves rett og slett framover fordi den er foran personbilen.

## Vedlegg 1

17. En heis blir løftet med konstant fart av en stålkabel opp gjennom en heissjakt, som vist i figuren nedenfor. Se bort fra friksjon.



Hvordan kan vi best beskrive kreftene som virker på heisen?

- A. Kraften oppover fra kabelen er større enn tyngdekraften nedover.
- B. Kraften oppover fra kabelen er like stor som tyngdekraften nedover.
- C. Kraften oppover fra kabelen er mindre enn tyngdekraften nedover.
- D. Kraften som virker oppover fra kabelen er større enn summen av tyngdekraften og kraften fra lufta nedover.
- E. Ingen av utsagnene ovenfor er riktige. (Heisen går oppover fordi stålkabelen blir kortere etter hvert som den kveiles inn, og ikke fordi det virker en kraft oppover fra kabelen på heisen).

18. Figuren nedenfor viser en gutt som slenger seg i et tau. Gutten startet fra et sted som ligger høyere enn P.

Vi vil her se på følgende krefter:

- 1. En tyngdekraft som virker nedover.
- 2. En kraft fra tauet som virker fra P mot O.
- 3. En kraft som virker i guttens bevegelsesretning.
- 4. En kraft som virker fra O mot P.



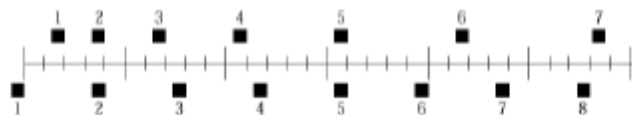
Hvilke(n) av disse kreftene virker på gutten når han passerer P?

- A. Bare 1.
- B. 1 og 2.
- C. 1 og 3.
- D. 1, 2 og 3.
- E. 1, 3 og 4.

19. De nummererte kvadratene i figuren nedenfor viser posisjonene til to klosser med 0,20 sekunders intervaller. Klossene beveger seg mot høyre.

Har de to klossene noen gang samme fart?

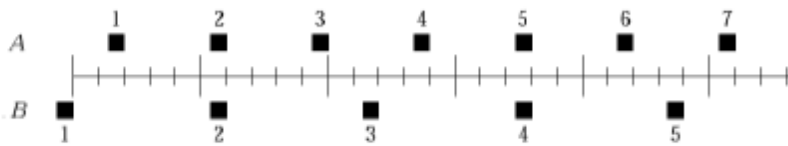
- A. Nei.
- B. Ja, ved tid 2.
- C. Ja, ved tid 5.
- D. Ja, ved tidene 2 og 5.
- E. Ja, en eller annen gang mellom tidene 3 og 4.





Vedlegg 1

20. De nummererte kvadratene i figuren nedenfor viser posisjonene til to klosser med 0,20 sekunders intervaller. Klossene beveger seg mot høyre.

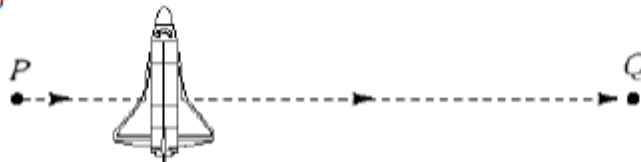


Hvordan kan vi best beskrive sammenhengen mellom akselerasjonene til de to klossene?

- A. Akselerasjonen til A er større enn akselerasjonen til B.
- B. Akselerasjonen til A er like stor som akselerasjonen til B. Begge akselerasjonene er større enn null.
- C. Akselerasjonen til B er større enn akselerasjonen til A.
- D. Akselerasjonen til A er like stor som akselerasjonen til B. Begge akselerasjonene er null.
- E. Det er ikke nok informasjon til å svare på oppgaven.

**BRUK TEKSTEN OG FIGUREN NEDENFOR TIL Å SVARE PÅ DE FIRE NESTE OPPGAVENE (21 til og med 24)**

En rakett driver sidelengs i verdensrommet fra P til Q, som vist i figuren. Det virker ingen ytre krefter på raketten.



Rakettmotoren blir slått på ved Q slik at det virker en konstant kraft på raketten vinkelrett på linjen PQ. Den konstante kraften virker inntil raketten er ved R i verdensrommet (se nedenfor).

21. Hvilken bane beskriver best bevegelsen til raketten mellom Q og R?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



22. Hvordan kan vi best beskrive farten til raketten når den beveger seg fra Q til R?

- A. Farten er konstant.
- B. Farten er jevnt økende.
- C. Farten er jevnt avtakende.
- D. Farten er først økende og deretter konstant.
- E. Farten er først konstant og deretter avtakende.

Vedlegg 1

23. Ved R slås motoren av og kraften på raketten blir umiddelbart null.

Hvilken bane beskriver best bevegelsen til raketten etter at den har passert R?

- A. Bane 1
- B. Bane 2
- C. Bane 3
- D. Bane 4
- E. Bane 5



24. Hvordan kan vi best beskrive farten til raketten etter at den har passert R?

- A. Farten er konstant.
- B. Farten er jevnt økende.
- C. Farten er jevnt avtakende.
- D. Farten er først økende og deretter konstant.
- E. Farten er først konstant og deretter avtakende.

25. En jente skyver med konstant horisontal kraft på en stor boks, slik at boksen beveger seg med konstant fart  $v_0$  langs et horisontalt gulv.

Hvordan kan vi best beskrive den konstante horisontale kraften jenta skyver med?

- A. Kraften er like stor som tyngden av boksen.
- B. Kraften er større enn tyngden av boksen.
- C. Kraften er like stor som den totale kraften som motvirker bevegelsen til boksen.
- D. Kraften er større enn den totale kraften som motvirker bevegelsen til boksen.
- E. Kraften er større enn enten tyngden av boksen, eller den totale kraften som motvirker bevegelsen til boksen.

26. Anta at jenta i forrige oppgave dobler den konstante horisontale kraften hun skyver boksen med langs det samme horisontale gulvet.

Hva beskriver best bevegelsen til boksen?

- A. Boksen har konstant fart som er dobbelt så stor som  $v_0$  i forrige oppgave.
- B. Boksen har konstant fart som er større enn  $v_0$  i forrige oppgave, men ikke nødvendigvis dobbelt så stor.
- C. Boksen har først konstant fart som er større enn  $v_0$  i forrige oppgave, og deretter økende fart.
- D. Boksen har først økende fart, og deretter konstant fart.
- E. Boksen har jevnt økende fart.

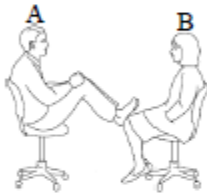
27. Anta at jenta i oppgave 25 plutselig slutter å skyve med horisontal kraft på boksen.

Hva beskriver best bevegelsen til boksen nå?

- A. Boksen vil umiddelbart stoppe.
- B. Boksen vil først bevege seg med konstant fart og deretter sakne farten inntil den stopper.
- C. Boksen vil umiddelbart sakne farten og etter hvert stoppe.
- D. Boksen vil fortsette med konstant fart.
- E. Boksen vil først øke farten og deretter sakne farten inntil den stopper.

## Vedlegg 1

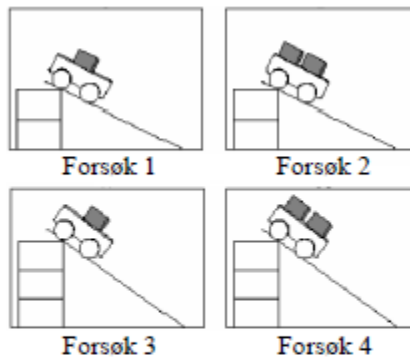
28. I figuren nedenfor har person A massen 95 kg og person B massen 77 kg. De sitter i identiske kontorstoler med ansiktet mot hverandre. Person A setter føttene sine på knærne til person B, som vist på figuren. Person A skyver plutselig føttene utover slik at begge stolene beveger seg.



Hvordan kan vi best beskrive kreftene som virker mens person A skyver, og personene fortsatt er i kontakt med hverandre?

- A. Ingen av personene utøver kraft på den andre.
- B. Person A utøver kraft på person B, men B utøver ingen kraft på A.
- C. Hver person utøver kraft på den andre, men B utøver den største kraften.
- D. Hver person utøver kraft på den andre, men A utøver den største kraften.
- E. Hver person utøver like stor kraft på den andre.

29. Figuren viser fire forsøk med en vogn. Klossene i vogna er identiske.



I hvilke forsøk er akselerasjonen MINST og STØRST?

- A. Forsøk 1 og 3
- B. Forsøk 1 og 4
- C. Forsøk 2 og 3
- D. Forsøk 2 og 4

30. Til tross for veldig sterk vind klarer en tennisspiller å slå tennisballen med racketen slik at ballen går over nettet og lander på motspillerens banehalvdel.

Vi vil her se på følgende krefter:

- 1. En tyngdekraft nedover.
- 2. En kraft fra slaget.
- 3. En kraft fra lufta.

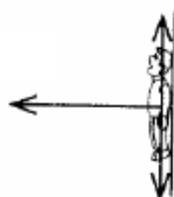
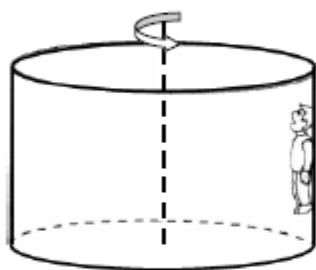
Hvilke(n) av disse kreftene virker på tennisballen etter at den har forlatt racketen, men før den treffer bakken?

- A. Bare 1.
- B. 1 og 2.
- C. 1 og 3.
- D. 2 og 3.
- E. 1, 2 og 3.

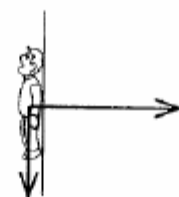


Vedlegg 1

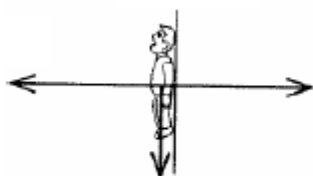
31. Figuren nedenfor viser en spesiell type karusell. Når karusellen begynner å rotere rundt den vertikale akse, blir gulvet senket sakte. Personen blir presset inn mot veggen i den roterende "sylinderen". Personen forblir i ro i forhold til veggen, men føttene er ikke lenger i kontakt med gulvet.



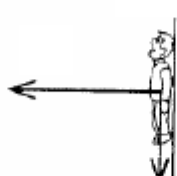
Figur A



Figur B



Figur C

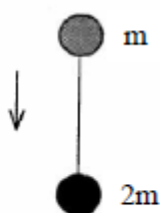


Figur D

Hvilken figur viser best de virkelige kreftene som virker på personen?

- A. Figur A
- B. Figur B
- C. Figur C
- D. Figur D

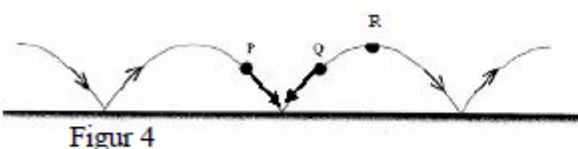
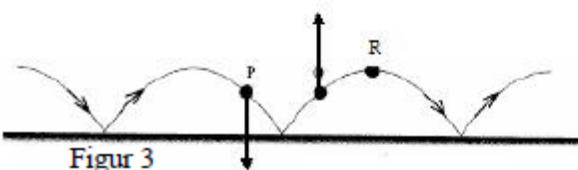
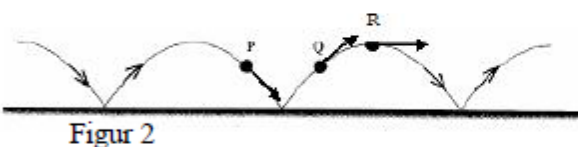
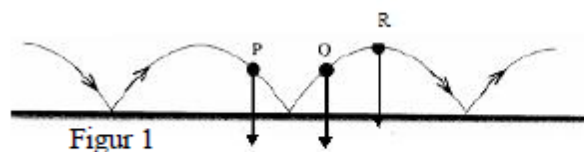
32. To kuler med masse  $m$  og  $2m$  er forbundet med en lett snor. Systemet blir sluppet fra ro og faller fritt, som vist på figuren.



Hvor stort er snordraget når systemet faller fritt?  $g$  er tyngdeakselerasjonen.

- A. 0
- B.  $mg$
- C.  $2mg$
- D.  $3mg$

33. Figur 1-4 viser banen til en ball som spretter på gulvet.



Hvilken figur viser best akselerasjonen til ballen ved punktene P, Q og R? Se bort fra luftmotstanden.

- A. Figur 1
  - B. Figur 2
  - C. Figur 3
  - D. Figur 4
34. Hvilken påstand om krefter som virker på et legeme er riktigst?
- A. Kraften fra underlaget kan være større enn vekta til legemet.
  - B. Farten til legemet kan avta hvis summen av kreftene er null.
  - C. Legemet må bevege seg i samme retning som den største kraften.
  - D. Det må virke større krefter på legemet når det beveger seg med høy enn med lav fart.
35. Hvilken påstand om kraft er **FEIL**?
- A. Summen av kreftene kan virke i motsatt retning av bevegelsesretningen til et legeme.
  - B. Det virker en sum av krefter forskjellig fra null når legemer akselererer.
  - C. Hvis ingen krefter virker, vil et legeme fortsette bevegelsen sin.
  - D. Når summen av kreftene er null, er akselerasjonen null.
  - E. Hvis ingen krefter virker, vil et legeme stoppe opp.
36. Ei kasse står på lasteplanet til en bil som akselererer.  
Hvilken påstand om friksjonen på kassa er **FEIL**?
- A. Når kassa glir, er glidefriksjonen konstant.
  - B. Når kassa glir, virker friksjonen mot glideretningen.
  - C. Friksjonen forsøker alltid å hindre kassa i å bevege seg i forhold til bilen.
  - D. Hvis kassa glir og bilen øker akselerasjonen ytterligere, vil glidefriksjonen også øke.

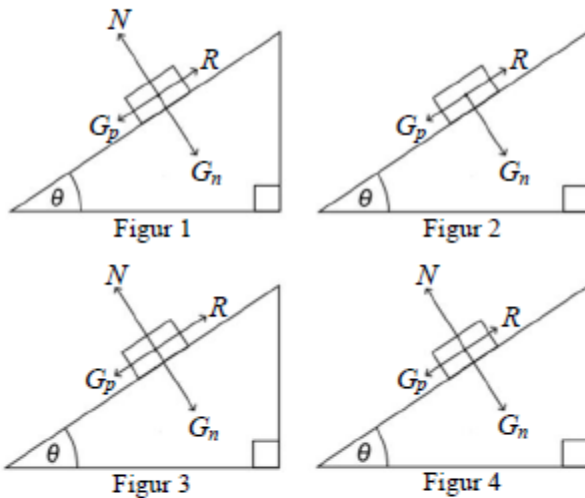
Vedlegg 1

37. En mann står i en heis. Mannen står på en vekt som måler kraft i Newton. Før heisen begynner å bevege seg, ser han at vekta viser 800 N. Heisen begynner så å bevege seg oppover. I løpet av noen få sekunder har heisen økt farten til den konstante farten den beveger seg mellom to etasjer med.

Hva viser vekta når heisen beveger seg med konstant fart oppover?

- A. Vekta viser mer enn 800 N.
- B. Vekta viser 800 N.
- C. Vekta viser mindre enn 800 N, men mer enn 0 N.
- D. Vekta viser 0 kilo.
- E. Det er umulig å avgjøre ut fra opplysningene.

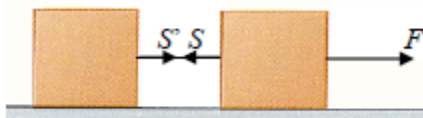
38. En kloss akselererer nedover et skråplan. Det virker friksjon ( $R$ ) på klossen.



Hvilken figur viser best de kreftene som virker på klossen?

- A. Figur 1
- B. Figur 2
- C. Figur 3
- D. Figur 4

39. To helt like klosser ligger på et friksjonsfritt bord. Det er en lett snor mellom klossene. Vi drar i den ene klossen med en kraft  $F$ .

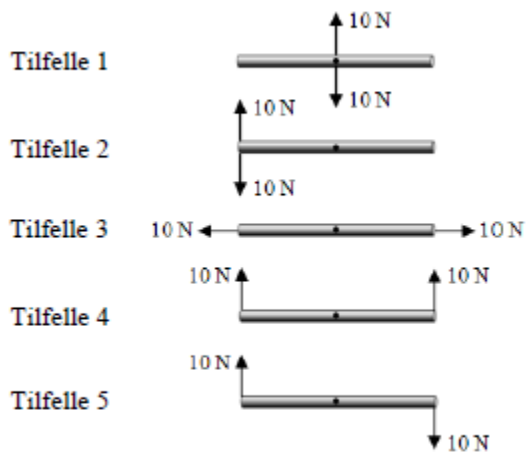


Hvilken påstand om kraften  $F$  og snordragene  $S$  og  $S'$  er riktigst?

- A.  $S > S'$  og  $F = S$
- B.  $S > S'$  og  $F = 2S$
- C.  $S = S'$  og  $F = S$
- D.  $S = S'$  og  $F = 2S$

## Vedlegg 1

40. Ei jamntykk stang blir hengt opp på midten. To krefter på 10 N virker på stanga.



I hvilket tilfelle dreier stanga?

- A. Tilfelle 1
- B. Tilfelle 2
- C. Tilfelle 3
- D. Tilfelle 4
- E. Tilfelle 5

Spørreskjemaet begynner på neste side.  
Svar det som er riktig for deg! Vi vil vite hva du mener.  
Du skal besvare spørreskjemaet på 5 minutter.

## Vedlegg 1

**A Er du jente eller gutt?** Jente Gutt  
 Sett ett kryss!  
<sub>1</sub> <sub>2</sub>

**B Sett ett kryss i hver linje!** Norge/  
 Danmark/  
 Sverige Annet land

1 Hvor ble du født? <sub>1</sub> <sub>2</sub>

2 Hvor ble faren din født? <sub>1</sub> <sub>2</sub>

3 Hvor ble moren din født? <sub>1</sub> <sub>2</sub>

**C Alder (skriv antall år med tall):** \_\_\_\_\_ år

### D Fagbakgrunn

	Medisin 1+5	MBV	Geofag	Kjemi	Realfag årsenhet	LeP	Annet
1 Hvilket studieprogram går du på?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
	51+52	2M2+3M2	Bare R1	R1+R2	Bare 2MX	2MX+3MX	Høyere kurs
2 Hvilken matematikkbakgrunn har du?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
	Ingen	Bare fysikk 1 <sup>A</sup>	Fysikk1 og 2	Høyere kurs			
3 Hvilken fysikkbakgrunn har du?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>			

**E Hvor enig er du i påstanden?** 1 = Svært Uenig 6 = Svært Enig  
 Sett ett kryss i hver linje!

	1	2	3	4	5	6
1 Jeg liker å samarbeide med andre studenter <sup>111</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
2 Jeg lærer aller mest fagstoff når jeg samarbeider med andre studenter <sup>112</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
3 Jeg arbeider aller best med fagstoff når jeg samarbeider med andre studenter <sup>113</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
4 Jeg synes det er nyttig å samarbeide med andre studenter når jeg jobber med oppgaver <sup>114</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>

**F Hvor enig er du i påstanden?** 1 = Svært Uenig 6 = Svært Enig  
 Sett ett kryss i hver linje!

	1	2	3	4	5	6
1 Jeg gleder meg til å ha fysikk <sup>121</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
2 Jeg synes fysikk virker interessant <sup>122</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
3 Jeg ser frem til å lære fysikk <sup>123</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
4 I fritida leser jeg populærvitenskap om fysikk <sup>124</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
5 Når jeg leser eller hører om fysikk, blir jeg noen ganger helt oppslukt <sup>125</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>

<sup>A</sup> Kryss av for «fysikk 1» hvis du har 2FY eller tilsvarende kurs fra annet land

## Vedlegg 1

G		1 = Svært Uenig			6 = Svært Enig		
Sett ett kryss i hver linje!		1	2	3	4	5	6
1	Jeg er trygg på at hvis jeg vil lære noe i fysikk ordentlig, klarer jeg det <sup>131</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Jeg er helt sikker på at jeg kan gjøre en utmerket jobb på prøver i fysikk <sup>132</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Jeg er helt sikker på at jeg kan forstå selv det vanskeligste stoffet i fysikk <sup>331</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Jeg er trygg på at jeg kan gjøre en utmerket jobb på vanskelige oppgaver i fysikk <sup>133</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Jeg kommer til å gjøre det bedre i fysikk enn de fleste på fysikkurset <sup>134</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

H		1 = Svært Uenig			6 = Svært Enig		
Sett ett kryss i hver linje!		1	2	3	4	5	6
1	Jeg er helt sikker på at jeg kan gjøre en utmerket jobb på fysikkoppgaver som krever matematikk <sup>221</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Jeg er helt sikker på at jeg kan forstå selv den vanskeligste matematikken i fysikkurset <sup>231</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Jeg er trygg på at hvis jeg vil lære noe i matematikk ordentlig, klarer jeg det <sup>222</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Jeg er helt sikker på at jeg er bedre i matematikk enn de fleste på fysikkurset <sup>232</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Jeg er trygg på at jeg ville gjort det godt på en matematikkprøve som testet nødvendige forkunnskaper til fysikkurset <sup>223</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I		1 = I svært liten grad			6 = I svært stor grad		
Sett ett kryss i hver linje!		1	2	3	4	5	6
1	Gi begrunnelser for eller imot konklusjoner <sup>221</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Identifisere bakgrunn (premissene) for ulike konklusjoner <sup>231</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Reflektere over konklusjoner basert på naturvitenskapelig kunnskap <sup>222</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Kombinere informasjon fra flere kilder og bruke dem til å begrunne konklusjoner <sup>233</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Du kan skrive eventuelle kommentarer til undersøkelsen her:

---



---



---

**TUSEN TAKK FOR AT DU DELTOK!**

**VEDLEGG 2**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Fasit1	13,8932	47,589	,347	,855
Fasit2	14,0631	47,689	,408	,854
Fasit3	13,9466	47,719	,341	,855
Fasit4	13,8544	47,979	,281	,856
Fasit5	14,0825	48,925	,195	,858
Fasit7	13,7039	48,844	,153	,860
Fasit8	13,6990	47,616	,334	,855
Fasit9	13,9078	48,465	,216	,858
Fasit10	13,8204	47,007	,423	,853
Fasit11	14,0583	46,972	,534	,851
Fasit12	13,7524	47,543	,341	,855
Fasit6	13,5874	48,205	,267	,857
Fasit13	13,9757	46,268	,590	,849
Fasit14	13,9709	47,345	,410	,853
Fasit15	14,0000	48,020	,313	,856
Fasit16	13,5777	47,543	,376	,854
Fasit17	14,0000	47,424	,411	,853
Fasit18	14,0583	47,314	,472	,852
Fasit19	13,7184	48,311	,230	,858
Fasit20	13,8689	47,246	,394	,854
Fasit21	13,9223	48,170	,264	,857
Fasit22	14,0194	47,551	,401	,854
Fasit23	13,9466	46,861	,477	,852
Fasit24	13,6699	48,125	,262	,857
Fasit25	13,9854	47,419	,405	,854
Fasit26	14,1990	48,668	,389	,855
Fasit27	13,7087	47,661	,327	,855
Fasit28	13,8058	46,557	,490	,851
Fasit30	14,0194	47,375	,431	,853
Fasit31	14,1068	49,384	,120	,859
Fasit32	14,0243	47,487	,415	,853
Fasit33	14,0049	47,498	,402	,854
Fasit34	14,1262	48,530	,303	,856
Fasit35	13,9709	47,004	,465	,852
Fasit36	13,9563	49,183	,115	,860
Fasit37	13,8981	47,672	,335	,855
Fasit38	13,7864	47,876	,292	,856
Fasit39	13,8883	49,095	,120	,860
Fasit40	13,7524	47,631	,328	,855

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,858	,861	39

**VEDLEGG 3**

o1					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o1	Mean	N	Std. Deviation
1	24	11,7	11,8	11,8	A	-,1948616	24	,82344667
2	4	1,9	2,0	13,7	B	,1300245	4	,90077519
Riktig	3	78	37,9	38,2	C	,5215539	78	1,17851704
SM	4	87	42,2	42,6	D	-,4048135	87	,67436419
5	11	5,3	5,4	100,0	E	-,2408050	11	,53178572
Total	204	99,0	100,0		Total	-,0065833	204	1,00244899
Missing	9	2	1,0					
Total	206	100,0						

o2					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o2	Mean	N	Std. Deviation
Riktig	1	43	20,9	21,7	A	,8813761	43	1,15082502
2	23	11,2	11,6	33,3	B	-,2482245	23	,88079620
3	11	5,3	5,6	38,9	C	-,0964112	11	,70684625
SM	4	95	46,1	48,0	D	-,3187363	95	,68763998
5	26	12,6	13,1	100,0	E	-,1559863	26	,93248243
Total	198	96,1	100,0		Total	-,0161924	198	,97956119
Missing	9	8	3,9					
Total	206	100,0						

o3					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o3	Mean	N	Std. Deviation
-	1	88	42,7	43,1	A	-,1489181	88	,70790573
2	25	12,1	12,3	55,4	B	-,3825735	25	,76972424
Riktig	3	67	32,5	32,8	C	,5799083	67	1,23802004
4	2	1,0	1,0	89,2	D	-,5558461	2	1,02101847
5	22	10,7	10,8	100,0	E	-,6739865	22	,54144035
Total	204	99,0	100,0		Total	,0012026	204	1,00473733
Missing	9	2	1,0					
Total	206	100,0						



Vedlegg 3

o4					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o4	Mean	N	Std. Deviation
SM	1	116	56,3	56,6	A	-,2259809	116	,92325799
	2	1	,5	57,1	B	-,8446337	1	
	4	2	1,0	58,0	D	-,1948616	2	,51050924
Riktig	5	86	41,7	100,0	E	,3323438	86	1,02450020
Total	205	99,5	100,0		Total	,0055289	205	,99928673
Missing	9	1	,5					
Total	206	100,0						

o5					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o5	Mean	N	Std. Deviation
	1	12	5,8	6,0	A	,0217292	12	1,01729890
Riktig	2	39	18,9	19,5	B	,5030419	39	1,26979018
BKK	3	67	32,5	33,5	C	-,2002494	67	,65223647
	4	32	15,5	16,0	D	,2428322	32	1,19913596
BKK	5	50	24,3	100,0	E	-,1861979	50	,89399553
Total	200	97,1	100,0		Total	,0246170	200	1,00383571
Missing	9	6	2,9					
Total	206	100,0						

o6					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o6	Mean	N	Std. Deviation
Imp	1	48	23,3	23,4	A	-,5438133	48	,63244487
Riktig	2	141	68,4	68,8	B	,2193746	141	1,04785569
	3	8	3,9	96,1	C	-,4295015	8	1,00169146
	4	6	2,9	99,0	D	-,0504677	6	,57576752
	5	2	1,0	100,0	E	-,6280430	2	,71471293
Total	205	99,5	100,0		Total	-,0008104	205	1,00238018
Missing	9	1	,5					
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o7					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o7	Mean	N	Std. Deviation
Imp 1	36	17,5	17,6	17,6	A	-,5638680	36	,52226946
Riktig 2	117	56,8	57,4	75,0	B	,1908057	117	1,02440872
3	17	8,3	8,3	83,3	C	,4124418	17	1,25751670
4	9	4,4	4,4	87,7	D	-,7002399	9	,51558906
5	25	12,1	12,3	100,0	E	-,0706829	25	,97209681
Total	204	99,0	100,0		Total	,0047417	204	1,00372988
Missing 9	2	1,0						
Total	206	100,0						

o8					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o8	Mean	N	Std. Deviation
1	24	11,7	11,7	11,7	A	-,2730749	24	,72068619
Riktig 2	118	57,3	57,6	69,3	B	,3398850	118	1,10218905
3	2	1,0	1,0	70,2	C	-,6280430	2	,10210185
4	20	9,7	9,8	80,0	D	-,6208233	20	,64144360
Imp 5	41	19,9	20,0	100,0	E	-,4748447	41	,49395432
Total	205	99,5	100,0		Total	,0020071	205	1,00203196
Missing 9	1	,5						
Total	206	100,0						

o9					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o9	Mean	N	Std. Deviation
1	11	5,3	5,4	5,4	A	,1136161	11	1,05174365
2	37	18,0	18,1	23,5	B	-,2046179	37	,54192109
v  3	45	21,8	22,1	45,6	C	-,1932572	45	,79304479
4	36	17,5	17,6	63,2	D	-,3432663	36	,85144168
Riktig 5	75	36,4	36,8	100,0	E	,3817511	75	1,22415776
Total	204	99,0	100,0		Total	,0061573	204	1,00272920
Missing 9	2	1,0						
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o10					Zscore(Score)			
Konstant fart	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o10	Mean	N	Std. Deviation
Riktig 1	93	45,1	45,8	45,8	A	,5294365	93	1,08986102
2	12	5,8	5,9	51,7	B	-,5678789	12	,61710667
3	25	12,1	12,3	64,0	C	-,3883493	25	,52837089
BKK 4	40	19,4	19,7	83,7	D	-,5486264	40	,60022492
5	33	16,0	16,3	100,0	E	-,3370676	33	,71208372
Total	203	98,5	100,0		Total	-,0017437	203	,99488747
Missing 9	3	1,5						
Total	206	100,0						

o11					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o11	Mean	N	Std. Deviation
1	12	5,8	5,9	5,9	A	,4549106	12	1,29296434
BKK 2	52	25,2	25,6	31,5	B	-,5169708	52	,53120318
BKK 3	87	42,2	42,9	74,4	C	-,2355242	87	,68418525
Riktig 4	44	21,4	21,7	96,1	D	1,0817111	44	1,13223288
5	8	3,9	3,9	100,0	E	-,5377969	8	,39684852
Total	203	98,5	100,0		Total	,0067919	203	1,00557773
Missing 9	3	1,5						
Total	206	100,0						

o12					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o12	Mean	N	Std. Deviation
1	1	,5	,5	,5	A	-,4114523	1	
Riktig 2	107	51,9	51,9	52,4	B	,3860874	107	1,06150828
Dom 3	77	37,4	37,4	89,8	C	-,4077018	77	,74219502
4	14	6,8	6,8	96,6	D	-,3186277	14	,70649108
5	7	3,4	3,4	100,0	E	-,7208676	7	,73356499
Total	206	100,0	100,0		Total	,0000000	206	1,00000000

Vedlegg 3

o13					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o13	Mean	N	Std. Deviation
1	14	6,8	6,8	6,8	A	-,3701969	14	,72402892
2	10	4,9	4,9	11,7	B	-,6713612	10	,47550190
Imp	3	120	58,3	58,5	C	-,3994195	120	,56888982
Riktig	4	61	29,6	29,8	D	,9685739	61	1,11271484
Total	205	99,5	100,0		Total	-,0036278	205	1,00108817
Missing	9	1	,5					
Total	206	100,0						

o14					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o14	Mean	N	Std. Deviation
-	1	72	35,0	35,0	A	-,4154632	72	,65476821
-	2	57	27,7	27,7	B	-,2290601	57	,82701880
	3	15	7,3	7,3	C	-,0841596	15	,94127978
Riktig	4	62	30,1	30,1	D	,7134221	62	1,12186795
Total	206	100,0	100,0		Total	,0000000	206	1,00000000

o15					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o15	Mean	N	Std. Deviation
Riktig	1	56	27,2	27,3	A	,5786767	56	1,12974284
	2	18	8,7	8,8	B	-,7965025	18	,54927735
SM	3	120	58,3	58,5	C	-,0673137	120	,86619773
	4	10	4,9	4,9	D	-,8735125	10	,35889279
	5	1	,5	,5	E	-,8446337	1	
Total	205	99,5	100,0	100,0	Total	,0020071	205	1,00203196
Missing	9	1	,5					
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o16					Zscore(Score)			
Konstant fart	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o16	Mean	N	Std. Deviation
Riktig 1	143	69,4	70,4	70,4	A	,2751757	143	1,00612913
2	3	1,5	1,5	71,9	B	-,7965025	3	,30057970
SM 3	45	21,8	22,2	94,1	C	-,6777787	45	,55323371
4	7	3,4	3,4	97,5	D	-,8858891	7	,23154523
5	5	2,4	2,5	100,0	E	,1372442	5	1,35222324
Total	203	98,5	100,0		Total	,0046580	203	1,00497888
Missing 9	3	1,5						
Total	206	100,0						

o17					Zscore(Score)			
Konstant fart	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o17	Mean	N	Std. Deviation
BKK 1	95	46,1	46,6	46,6	A	-,2017013	95	,77494675
Riktig 2	56	27,2	27,5	74,0	B	,7488552	56	1,20681833
3	1	,5	,5	74,5	C	-,5558461	1	
BKK 4	41	19,9	20,1	94,6	D	-,3022765	41	,70500604
5	11	5,3	5,4	100,0	E	-,7133666	11	,40561324
Total	204	99,0	100,0		Total	,0096963	204	,99995756
Missing 9	2	1,0						
Total	206	100,0						

o18					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o18	Mean	N	Std. Deviation
Valid 1	8	3,9	3,9	3,9	A	-,2670585	8	,65490880
Riktig 2	44	21,4	21,5	25,4	B	,9865424	44	1,16133483
BKK 3	43	20,9	21,0	46,3	C	-,3308604	43	,75445059
BKK 4	62	30,1	30,2	76,6	D	-,1296514	62	,87477558
BKK 5	48	23,3	23,4	100,0	E	-,3753538	48	,59311139
Total	205	99,5	100,0		Total	,0048245	205	1,00004180
Missing 9	1	,5						
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o19					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o19	Mean	N	Std. Deviation
Valid	1	30	14,6	14,7	A	-,1659828	30	,88292604
	2	2	1,0	15,7	B	-,1226647	2	,61261108
	3	3	1,5	17,2	C	-,7483712	3	,44113040
	4	55	26,7	44,1	D	-,4272043	55	,61805297
Riktig	5	114	55,3	100,0	E	,2737850	114	1,11099011
Total	204	99,0	100,0		Total	,0012026	204	1,00391921
Missing	9	2	1,0					
Total	206	100,0						

o20					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o20	Mean	N	Std. Deviation
Valid	1	27	13,1	13,2	A	-,6039774	27	,61391869
	2	11	5,3	18,6	B	-,7264933	11	,58766042
	3	66	32,0	51,0	C	-,2911241	66	,73564945
Riktig	4	83	40,3	91,7	D	,5645107	83	1,12019390
	5	17	8,3	100,0	E	-,1736272	17	,55206134
Total	204	99,0	100,0		Total	,0019104	204	1,00347303
Missing	9	2	1,0					
Total	206	100,0						

o21					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o21	Mean	N	Std. Deviation
	1	12	5,8	5,9	A	-,6280430	12	,50208596
Dom	2	43	20,9	26,8	B	-,4349583	43	,55828444
BKK	3	48	23,3	50,2	C	,1029507	48	1,05558516
	4	30	14,6	64,9	D	-,3440685	30	,64210151
Riktig	5	72	35,0	100,0	E	,4488942	72	1,14376601
Total	205	99,5	100,0		Total	,0034158	205	1,00124254
Missing	9	1	,5					
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o22					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o22	Mean	N	Std. Deviation
BKK	1	55	26,7	26,8	A	-,2145516	55	,74635224
Riktig	2	52	25,2	52,2	B	,7909039	52	1,28633428
	3	8	3,9	56,1	C	-,4114523	8	,37811177
BKK	4	79	38,3	94,6	D	-,2140531	79	,71832309
	5	11	5,3	100,0	E	-,7658735	11	,48048065
Total	205	99,5	100,0		Total	,0034158	205	1,00124254
Missing	9	1	,5					
Total	206	100,0						

o23					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o23	Mean	N	Std. Deviation
BKK	1	47	22,8	23,2	A	-,6172903	47	,45635983
Riktig	2	67	32,5	56,2	B	,7652496	67	1,15138517
Dom	3	43	20,9	77,3	C	-,1998986	43	,61773433
BKK	4	40	19,4	97,0	D	-,2526191	40	,83352983
	5	6	2,9	100,0	E	-,4595836	6	,26884666
Total	203	98,5	100,0		Total	,0039467	203	1,00306463
Missing	9	3	1,5					
Total	206	100,0						

o24					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o24	Mean	N	Std. Deviation
Konstant fart	1	124	60,2	60,8	A	,2755828	124	1,10357443
Riktig	2	4	1,9	62,7	B	-,4114523	4	,58948529
BKK/imp	3	46	22,3	85,3	C	-,2921704	46	,67060136
	4	7	3,4	88,7	D	-,6589845	7	,42274181
	5	23	11,2	100,0	E	-,5621241	23	,57671854
Total	204	99,0	100,0		Total	,0075729	204	1,00193055
Missing	9	2	1,0					
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o25					Zscore(Score)			
Konstant fart	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o25	Mean	N	Std. Deviation
1	7	3,4	3,5	3,5	A	-,3495692	7	,76341028
2	7	3,4	3,5	7,0	B	-,3701969	7	,37015063
Riktig	3	59	28,6	29,4	C	,7192247	59	1,21879535
BKK	4	100	48,5	49,8	D	-,1703146	100	,75520377
5	28	13,6	13,9	100,0	E	-,5764738	28	,55258710
Total	201	97,6	100,0		Total	,0210108	201	,99908601
Missing	9	5	2,4					
Total	206	100,0						

o26					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o26	Mean	N	Std. Deviation
1	33	16,0	16,5	16,5	A	-,3108142	33	,74548758
BKK	2	80	38,8	40,0	B	-,1371040	80	,87864377
3	6	2,9	3,0	59,5	C	-,5077148	6	,19727951
BKK	4	66	32,0	92,5	D	,1048650	66	,92926424
Riktig	5	15	7,3	7,5	E	1,5041724	15	1,29318771
Total	200	97,1	100,0		Total	,0260610	200	1,00069443
Missing	9	6	2,9					
Total	206	100,0						

o27					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o27	Mean	N	Std. Deviation
BKK	1	56	27,2	28,0	A	-,4939630	56	,57286798
2	25	12,1	12,5	40,5	B	-,4345553	25	,54932945
Riktig	3	116	56,3	58,0	C	,3428809	116	1,06245428
4	2	1,0	1,0	99,5	D	,7436983	2	1,02101847
5	1	,5	,5	100,0	E	-,4114523	1	
Total	200	97,1	100,0		Total	,0116216	200	,97562968
Missing	9	6	2,9					
Total	206	100,0						



Vedlegg 3

o28					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o28	Mean	N	Std. Deviation
	2	13	6,3	6,5	B	-,8557410	13	,33585941
	3	6	2,9	3,0	C	-,6280430	6	,54603014
SM	4	86	41,7	42,8	D	-,3829093	86	,62718045
Riktig	5	96	46,6	47,8	E	,5556855	96	1,06646238
Total	201	97,6	100,0		Total	,0274762	201	,99577737
Missing	9	5	2,4					
Total	206	100,0						

o30					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o30	Mean	N	Std. Deviation
	1	7	3,4	3,6	A	,0423569	7	,59784720
	2	15	7,3	7,6	B	-,2574322	15	,79363450
Riktig	3	52	25,2	26,4	C	,8325560	52	1,26403146
	4	8	3,9	4,1	D	-,3934031	8	,72991855
Imp	5	115	55,8	58,4	E	-,2745921	115	,68099511
Total	197	95,6	100,0		Total	,0253940	197	,99969155
Missing	9	9	4,4					
Total	206	100,0						

o31					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o31	Mean	N	Std. Deviation
Riktig	1	34	16,5	17,7	A	,4081950	34	1,36462776
Dom	2	92	44,7	47,9	B	-,1775971	92	,73028097
	3	53	25,7	27,6	C	,1143592	53	,92113677
	4	13	6,3	6,8	D	,5104467	13	1,37052283
Total	192	93,2	100,0		Total	,0533153	192	,99408536
Missing	9	14	6,8					
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o32					Zscore(Score)				
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o32	Mean	N	Std. Deviation
Riktig	1	51	24,8	27,1	27,1	A	,8173108	51	1,20129149
SM	2	53	25,7	28,2	55,3	B	-,0600032	53	,76170012
dom(SM)	3	48	23,3	25,5	80,9	C	-,2159190	48	,71641132
	4	36	17,5	19,1	100,0	D	-,4876601	36	,64249905
	Total	188	91,3	100,0		Total	,0562915	188	,99559857
Missing	9	18	8,7						
Total		206	100,0						

o33					Zscore(Score)				
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o33	Mean	N	Std. Deviation
Riktig	1	55	26,7	30,2	30,2	A	,7541996	55	1,24487190
BKK	2	65	31,6	35,7	65,9	B	-,2581727	65	,57750585
-	3	45	21,8	24,7	90,7	C	-,2221359	45	,71127179
	4	17	8,3	9,3	100,0	D	-,0632084	17	1,04755055
	Total	182	88,3	100,0		Total	,0748851	182	1,00201973
Missing	9	24	11,7						
Total		206	100,0						

o34					Zscore(Score)				
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o34	Mean	N	Std. Deviation
Riktig	1	30	14,6	17,1	17,1	A	,8399608	30	1,21835703
	2	26	12,6	14,9	32,0	B	-,6169358	26	,58356983
BKK	3	68	33,0	38,9	70,9	C	,1979746	68	,96680488
BKK	4	51	24,8	29,1	100,0	D	-,2415772	51	,67954491
	Total	175	85,0	100,0		Total	,0588590	175	,99819707
Missing	9	31	15,0						
Total		206	100,0						

Vedlegg 3

o35					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o35	Mean	N	Std. Deviation
BKK	1	41	19,9	23,6	A	-,1719699	41	,64138310
	2	11	5,3	6,3	B	-,4508324	11	,47929574
BKK	3	41	19,9	23,6	C	-,4114523	41	,55078245
	4	19	9,2	10,9	D	-,4418510	19	,46560370
Riktig	5	62	30,1	35,6	E	,7995926	62	1,15673389
Total	174	84,5	100,0		Total	,0706903	174	,98918304
Missing	9	32	15,5					
Total	206	100,0						

o37					Zscore(Score)			
Konstant fart	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o37	Mean	N	Std. Deviation
BKK	1	52	25,2	31,3	A	-,1226647	52	,88411234
Riktig	2	77	37,4	46,4	B	,5036670	77	1,09832517
	3	27	13,1	16,3	C	-,4274960	27	,48774890
	4	4	1,9	2,4	D	-,3031569	4	,70121499
	5	6	2,9	3,6	E	-,4595836	6	,17486960
Total	166	80,6	100,0		Total	,1017547	166	,99855727
Missing	9	40	19,4					
Total	206	100,0						

o38					Zscore(Score)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o38	Mean	N	Std. Deviation
	1	22	10,7	13,0	A	-,0767212	22	,78253096
	2	32	15,5	18,9	B	-,4971861	32	,63403932
	3	15	7,3	8,9	C	-,3151897	15	,90118842
Riktig	4	100	48,5	59,2	D	,3668304	100	1,04081278
Total	169	82,0	100,0		Total	,0849549	169	,99314325
Missing	9	37	18,0					
Total	206	100,0						

Vedlegg 3

o39 Zscore(Score)								
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o39	Mean	N	Std. Deviation
1	16	7,8	10,0	10,0	A	-,1858369	16	,76400341
2	20	9,7	12,5	22,5	B	-,3825735	20	,71140424
- 3	45	21,8	28,1	50,6	C	,1917930	45	,96287701
Riktig 4	79	38,3	49,4	100,0	D	,2410615	79	1,08050994
Total	160	77,7	100,0		Total	,1065605	160	,99728982
Missing 9	46	22,3						
Total	206	100,0						

o40 Zscore(Score)								
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o40	Mean	N	Std. Deviation
- 1	32	15,5	19,4	19,4	A	-,5152353	32	,54797820
2	11	5,3	6,7	26,1	B	-,5427194	11	,65997467
3	3	1,5	1,8	27,9	C	-,3151897	3	,30057970
4	12	5,8	7,3	35,2	D	-,0264021	12	,76240466
Riktig 5	107	51,9	64,8	100,0	E	,3779905	107	1,05909148
Total	165	80,1	100,0		Total	,1013645	165	1,00234563
Missing 9	41	19,9						
Total	206	100,0						

## VEDLEGG 4

1

## Correlations

		Score
Fasit40	Pearson Correlation	,376**
	Sig. (2-tailed)	6,46541E-07
	N	165
Fasit39	Pearson Correlation	0,133609283
	Sig. (2-tailed)	0,092114445
	N	160
Fasit38	Pearson Correlation	,343**
	Sig. (2-tailed)	5,09429E-06
	N	169
Fasit37	Pearson Correlation	,376**
	Sig. (2-tailed)	6,18973E-07
	N	166
Fasit36	Pearson Correlation	0,144011156
	Sig. (2-tailed)	0,062549299
	N	168
Fasit35	Pearson Correlation	,550**
	Sig. (2-tailed)	3,91152E-15
	N	174
Fasit34	Pearson Correlation	,357**
	Sig. (2-tailed)	1,24135E-06
	N	175
Fasit33	Pearson Correlation	,447**
	Sig. (2-tailed)	2,42695E-10
	N	182
Fasit32	Pearson Correlation	,468**
	Sig. (2-tailed)	1,32565E-11
	N	188
Fasit31	Pearson Correlation	,166*
	Sig. (2-tailed)	0,021355575
	N	192
Fasit30	Pearson Correlation	,485**
	Sig. (2-tailed)	5,27134E-13
	N	197
Fasit28	Pearson Correlation	,508**
	Sig. (2-tailed)	1,29768E-14
	N	201
Fasit27	Pearson Correlation	,400**
	Sig. (2-tailed)	4,40424E-09
	N	200
Fasit26	Pearson Correlation	,422**
	Sig. (2-tailed)	5,03343E-10
	N	200
Fasit25	Pearson Correlation	,452**
	Sig. (2-tailed)	1,71119E-11
	N	201

Fasit24	Pearson Correlation	,334**
	Sig. (2-tailed)	1,06E-06
	N	204
Fasit23	Pearson Correlation	,534**
	Sig. (2-tailed)	2,31E-16
	N	203
Fasit22	Pearson Correlation	,460**
	Sig. (2-tailed)	4,13E-12
	N	205
Fasit21	Pearson Correlation	,328**
	Sig. (2-tailed)	1,56E-06
	N	205
Fasit20	Pearson Correlation	,465**
	Sig. (2-tailed)	2,3E-12
	N	204
Fasit19	Pearson Correlation	,306**
	Sig. (2-tailed)	8,35E-06
	N	204
Fasit18	Pearson Correlation	,514**
	Sig. (2-tailed)	3,01E-15
	N	205
Fasit17	Pearson Correlation	,456**
	Sig. (2-tailed)	7,35E-12
	N	204
Fasit16	Pearson Correlation	,417**
	Sig. (2-tailed)	6,33E-10
	N	203
Fasit15	Pearson Correlation	,354**
	Sig. (2-tailed)	1,97E-07
	N	205
Fasit14	Pearson Correlation	,469**
	Sig. (2-tailed)	1,12E-12
	N	206
Fasit13	Pearson Correlation	,634**
	Sig. (2-tailed)	2,07E-24
	N	205
Fasit6	Pearson Correlation	,327**
	Sig. (2-tailed)	1,73E-06
	N	205
Fasit12	Pearson Correlation	,402**
	Sig. (2-tailed)	2,03E-09
	N	206
Fasit11	Pearson Correlation	,564**
	Sig. (2-tailed)	2,01E-18
	N	203
Fasit10	Pearson Correlation	,492**
	Sig. (2-tailed)	8,84E-14
	N	203

Fasit9	Pearson Correlation	,286**
	Sig. (2-tailed)	3,30377E-05
	N	204
Fasit8	Pearson Correlation	,394**
	Sig. (2-tailed)	5,23923E-09
	N	205
Fasit7	Pearson Correlation	,215**
	Sig. (2-tailed)	0,001964909
	N	204
Fasit5	Pearson Correlation	,235**
	Sig. (2-tailed)	0,000802549
	N	200
Fasit4	Pearson Correlation	,279**
	Sig. (2-tailed)	5,19751E-05
	N	205
Fasit3	Pearson Correlation	,404**
	Sig. (2-tailed)	2,11516E-09
	N	204
Fasit2	Pearson Correlation	,484**
	Sig. (2-tailed)	5,1561E-13
	N	198
Fasit1	Pearson Correlation	,416**
	Sig. (2-tailed)	6,39418E-10
	N	204

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## VEDLEGG 5

Correlations

		Gruppe3sni tt	Gruppe2sni tt
Gruppe3sni tt	Pearson Correlation	1	,480**
	Sig. (2- tailed)		,000
	N	206	206
Gruppe2sni tt	Pearson Correlation	,480**	1
	Sig. (2- tailed)	,000	
	N	206	206

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		Gruppe3sni tt	Gruppe1sni tt
Gruppe3sni tt	Pearson Correlation	1	,451**
	Sig. (2- tailed)		,000
	N	206	206
Gruppe1sni tt	Pearson Correlation	,451**	1
	Sig. (2- tailed)	,000	
	N	206	206

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		Gruppe1sni tt	Gruppe2sni tt
Gruppe1sni tt	Pearson Correlation	1	,699**
	Sig. (2- tailed)		,000
	N	206	206
Gruppe2sni tt	Pearson Correlation	,699**	1
	Sig. (2- tailed)	,000	
	N	206	206

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**VEDLEGG 6**

Frekvenstabblen for de siste frem oppgavene. Bare deltakere som ikke fikk til oppgave 6 og 10 er med.

o35					Zscore(Score)				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o35	Mean	N	Std. Deviation	
Valid	1	15	21,7	26,8	1	-,1419172	15	,60984973	
	2	7	10,1	39,3	2	-,4939630	7	,53287085	
	3	17	24,6	69,6	3	-,4454273	17	,57424781	
	4	3	4,3	75,0	4	-,3151897	3	,58356067	
	5	14	20,3	100,0	5	,1042399	14	,86768418	
	Total	56	81,2	100,0	Total	-,2258031	56	,68268271	
Missing	9	13	18,8						
Total	69	100,0							

o36					Zscore(Score)				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o36	Mean	N	Std. Deviation	
Valid	1	15	21,7	28,3	1	-,4403310	15	,55976720	
	2	11	15,9	49,1	2	-,3851989	11	,55855658	
	3	10	14,5	67,9	3	-,0071496	10	1,08866086	
	4	17	24,6	100,0	4	-,0801959	17	,56333186	
	Total	53	76,8	100,0	Total	-,2316411	53	,69416877	
Missing	9	16	23,2						
Total	69	100,0							

o37					Zscore(Score)				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o37	Mean	N	Std. Deviation	
Valid	1	17	24,6	32,1	1	-,2585647	17	,79165250	
	2	27	39,1	83,0	2	-,0745334	27	,66652556	
	3	5	7,2	92,5	3	-,5269673	5	,60748454	
	4	1	1,4	94,3	4	-,7002399	1		
	5	3	4,3	100,0	5	-,5558461	3	,14439382	
	Total	53	76,8	100,0	Total	-,2152946	53	,68964218	
Missing	9	16	23,2						
Total	69	100,0							



Vedlegg 6

o38

Zscore(Score)

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o38	Mean	N	Std. Deviation
Valid 1	12	17,4	21,1	21,1	1	-,4114523	12	,59694069
2	11	15,9	19,3	40,4	2	-,3195653	11	,78631079
3	5	7,2	8,8	49,1	3	-,7002399	5	,47890011
4	29	42,0	50,9	100,0	4	-,0380200	29	,65435967
Total	57	82,6	100,0		Total	-,2290601	57	,67700659
Missing 9	12	17,4						
Total	69	100,0						

o39

Zscore(Score)

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o39	Mean	N	Std. Deviation
Valid 1	4	5,8	7,7	7,7	1	-,3753538	4	,73034349
2	8	11,6	15,4	23,1	2	-,4656000	8	,51160202
3	16	23,2	30,8	53,8	3	,0758768	16	,70319443
4	24	34,8	46,2	100,0	4	-,4174687	24	,52058304
Total	52	75,4	100,0		Total	-,2698353	52	,62417386
Missing 9	17	24,6						
Total	69	100,0						

o40

Zscore(Score)

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	o40	Mean	N	Std. Deviation
Valid 1	14	20,3	25,0	25,0	1	-,6589845	14	,49188079
2	2	2,9	3,6	28,6	2	-,4836492	2	1,12312032
3	1	1,4	1,8	30,4	3	-,4114523	1	
4	8	11,6	14,3	44,6	4	-,3392554	8	,52913136
5	31	44,9	55,4	100,0	5	,0124134	31	,71416379
Total	56	81,2	100,0		Total	-,2309600	56	,69180381
Missing 9	13	18,8						
Total	69	100,0						

**VEDLEGG 7**

Filter =1: Ikke klart enten oppgave 6 eller ikke klart oppgave 19

Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter
10	25,64	-0,55585	0,09	0,46	0,57	1
15	38,46	0,16612	0,36	0,38	0,43	1
11	28,21	-0,41145	0,18	0,15	0,43	1
25	64,1	1,61006	0,73	0,77	0,57	1
11	28,21	-0,41145	0,18	0,08	0,43	1
20	51,28	0,88809	0,55	0,54	0,43	1
12	30,77	-0,26706	0,14	0,46	0,57	1
8	20,51	-0,84463	0,23	0,08	0,29	1
8	20,51	-0,84463	0,14	0,15	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,14	1
16	41,03	0,31052	0,5	0,15	0,86	1
9	23,08	-0,70024	0,14	0,23	0,29	1
8	20,51	-0,84463	0,23	0,46	0,14	1
14	35,9	0,02173	0,41	0,46	0,29	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0	0	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0	0,14	1
10	25,64	-0,55585	0,09	0,38	0,43	1
19	48,72	0,7437	0,55	0,38	0,14	1
8	20,51	-0,84463	0,23	0	0,14	1
5	12,82	-1,27782	0,09	0,08	0,14	1
8	20,51	-0,84463	0,23	0,15	0,14	1
25	64,1	1,61006	0,77	0,54	0,43	1
19	48,72	0,7437	0,27	0,62	0,57	1
16	41,03	0,31052	0,36	0,54	0,29	1
12	30,77	-0,26706	0,14	0,38	0,57	1
6	15,38	-1,13342	0,14	0	0,14	1
5	12,82	-1,27782	0,09	0	0,43	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,08	0,14	1
14	35,9	0,02173	0,32	0,31	0,43	1
27	69,23	1,89885	0,77	0,62	0,86	1
9	23,08	-0,70024	0,14	0,08	0,57	1
12	30,77	-0,26706	0,36	0,46	0,14	1
10	25,64	-0,55585	0,14	0,46	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,09	0,38	0,14	1
11	28,21	-0,41145	0,23	0,31	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,27	0,54	0,57	1
9	23,08	-0,70024	0,18	0	0,43	1
9	23,08	-0,70024	0,23	0,23	0,29	1
18	46,15	0,5993	0,45	0,31	0,71	1

Vedlegg 7

11	28,21	-0,41145	0,27	0,31	0,43	1
10	25,64	-0,55585	0,23	0,15	0,43	1
20	51,28	0,88809	0,5	0,23	0,43	1
17	43,59	0,45491	0,41	0,38	0,29	1
27	69,23	1,89885	0,82	0,85	0,71	1
11	28,21	-0,41145	0,32	0,15	0,29	1
18	46,15	0,5993	0,36	0,31	0,71	1
8	20,51	-0,84463	0,09	0,15	0,14	1
10	25,64	-0,55585	0,14	0	0,57	1
10	25,64	-0,55585	0,09	0,15	0,86	1
12	30,77	-0,26706	0,23	0,46	0,57	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0,08	0,14	1
9	23,08	-0,70024	0,18	0,08	0,57	1
14	35,9	0,02173	0,36	0,23	0,71	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,23	0	1
13	33,33	-0,12266	0,32	0,23	0,29	1
13	33,33	-0,12266	0,41	0,23	0,43	1
18	46,15	0,5993	0,55	0,62	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,14	0,15	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0	0,14	1
14	35,9	0,02173	0,23	0,46	0,57	1
11	28,21	-0,41145	0,41	0,38	0	1
9	23,08	-0,70024	0,18	0,23	0,14	1
9	23,08	-0,70024	0,27	0	0	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0	0,14	1
10	25,64	-0,55585	0,18	0,31	0,29	1
12	30,77	-0,26706	0,14	0,46	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,27	0,15	0	1
17	43,59	0,45491	0,36	0,38	0,43	1
10	25,64	-0,55585	0,18	0,23	0,43	1
12	30,77	-0,26706	0,32	0,38	0,14	1
8	20,51	-0,84463	0,09	0,23	0,29	1
14	35,9	0,02173	0,32	0,31	0,57	1
12	30,77	-0,26706	0,18	0,23	0,29	1
6	15,38	-1,13342	0,14	0,08	0,14	1
15	38,46	0,16612	0,32	0,38	0,43	1
9	23,08	-0,70024	0,09	0,23	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,15	0,14	1
11	28,21	-0,41145	0,32	0,08	0,43	1
18	46,15	0,5993	0,55	0,46	0,43	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0,08	0	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0	0	1
10	25,64	-0,55585	0,23	0,08	0,14	1

Vedlegg 7

8	20,51	-0,84463	0,18	0,08	0,29	1
11	28,21	-0,41145	0,09	0,46	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,32	0,38	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,41	0,46	0,14	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0,08	0,14	1
15	38,46	0,16612	0,23	0,31	0,57	1
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,23	0,54	0,29	1
11	28,21	-0,41145	0,14	0,54	0,43	1
16	41,03	0,31052	0,36	0,69	0,43	1
17	43,59	0,45491	0,41	0,38	0,57	1
4	10,26	-1,42221	0,09	0,08	0	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0	0,29	1
12	30,77	-0,26706	0,36	0,38	0	1
2	5,13	-1,711	0,09	0	0	1
10	25,64	-0,55585	0,18	0,31	0,43	1
15	38,46	0,16612	0,23	0,38	0,43	1
4	10,26	-1,42221	0,05	0	0	1
6	15,38	-1,13342	0,09	0,08	0,57	1
8	20,51	-0,84463	0,32	0,08	0,14	1
9	23,08	-0,70024	0,36	0,08	0,29	1
9	23,08	-0,70024	0,32	0,15	0,29	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0,08	0,14	1
5	12,82	-1,27782	0,14	0	0,14	1
12	30,77	-0,26706	0,36	0,08	0,43	1
11	28,21	-0,41145	0,45	0	0	1
14	35,9	0,02173	0,18	0,38	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,32	0,08	0,43	1
10	25,64	-0,55585	0,18	0	0,57	1
16	41,03	0,31052	0,36	0,31	0,43	1
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,71	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0	0,14	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,08	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,15	0,29	1
17	43,59	0,45491	0,32	0,69	0,29	1
12	30,77	-0,26706	0,36	0,08	0,14	1
16	41,03	0,31052	0,36	0,62	0,29	1
17	43,59	0,45491	0,41	0,62	0,57	1
15	38,46	0,16612	0,32	0,15	0,57	1
10	25,64	-0,55585	0,23	0,38	0	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0,23	0,14	1
11	28,21	-0,41145	0,27	0,23	0,14	1
7	17,95	-0,98903	0,05	0,38	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,41	0,23	0,57	1
16	41,03	0,31052	0,32	0,46	0,71	1

Vedlegg 7

14	35,9	0,02173	0,23	0,54	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,32	0,15	0,71	1
5	12,82	-1,27782	0,14	0,23	0,14	1
4	10,26	-1,42221	0,05	0,15	0,14	1
16	41,03	0,31052	0,32	0,38	0,29	1
11,20149	28,72201	-0,38236	0,256567	0,253433	0,340224	Gjennomsnitt
Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter

Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter
12	30,77	-0,26706	0,23	0,15	0,71	0
9	23,08	-0,70024	0,18	0,08	0,57	0
31	79,49	2,47642	0,77	0,92	1	0
13	33,33	-0,12266	0,14	0,38	0,86	0
8	20,51	-0,84463	0,23	0,08	0,29	0
23	58,97	1,32127	0,59	0,08	0,86	0
15	38,46	0,16612	0,41	0,23	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,18	0,38	0,71	0
18	46,15	0,5993	0,32	0,69	0,71	0
15	38,46	0,16612	0,36	0,38	0,57	0
15	38,46	0,16612	0,32	0	0,86	0
9	23,08	-0,70024	0,14	0,15	0,29	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,15	0,71	0
19	48,72	0,7437	0,41	0,46	0,86	0
13	33,33	-0,12266	0,27	0,23	0,57	0
17	43,59	0,45491	0,36	0,38	0,71	0
17	43,59	0,45491	0,41	0,15	0,71	0
9	23,08	-0,70024	0,23	0,08	0,43	0
30	76,92	2,33203	0,73	0,92	1	0
18	46,15	0,5993	0,5	0,31	0,57	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,46	1	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,23	0,71	0
30	76,92	2,33203	0,86	0,77	0,86	0
30	76,92	2,33203	0,91	0,77	0,29	0
22	56,41	1,17688	0,5	0,69	0,43	0
13	33,33	-0,12266	0,23	0,23	0,29	0
19	48,72	0,7437	0,64	0,46	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,14	0,23	1	0
15	38,46	0,16612	0,41	0,31	0,29	0
35	89,74	3,054	0,91	1	1	0
14	35,9	0,02173	0,27	0,54	0,57	0
13	33,33	-0,12266	0,05	0,38	0,71	0
17	43,59	0,45491	0,32	0,08	1	0
9	23,08	-0,70024	0,23	0,15	0,29	0

Vedlegg 7

25	64,1	1,61006	0,73	0,77	0,29	0
13	33,33	-0,12266	0,18	0,15	0,86	0
24	61,54	1,46567	0,59	0,62	1	0
12	30,77	-0,26706	0,23	0,38	0,43	0
10	25,64	-0,55585	0,27	0	0,43	0
22	56,41	1,17688	0,5	0,62	0,86	0
20	51,28	0,88809	0,36	0,77	1	0
20	51,28	0,88809	0,5	0,62	0,29	0
10	25,64	-0,55585	0,18	0,62	0,29	0
22	56,41	1,17688	0,5	0,38	0,57	0
14	35,9	0,02173	0,27	0,31	0,86	0
32	82,05	2,62082	0,91	0,85	1	0
9	23,08	-0,70024	0,09	0,15	0,57	0
7	17,95	-0,98903	0,14	0,08	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,14	0,23	0,86	0
18	46,15	0,5993	0,45	0,38	0,71	0
12	30,77	-0,26706	0,23	0,23	0,57	0
13	33,33	-0,12266	0,32	0	0,43	0
24	61,54	1,46567	0,5	0,62	0,86	0
27	69,23	1,89885	0,68	0,62	1	0
35	89,74	3,054	0,95	0,92	1	0
27	69,23	1,89885	0,64	0,77	0,71	0
13	33,33	-0,12266	0,36	0,15	0,57	0
24	61,54	1,46567	0,68	0,62	0,29	0
12	30,77	-0,26706	0,27	0,31	0,57	0
25	64,1	1,61006	0,64	0,54	0,86	0
24	61,54	1,46567	0,59	0,62	0,71	0
15	38,46	0,16612	0,36	0,23	0,57	0
35	89,74	3,054	1	0,85	0,86	0
23	58,97	1,32127	0,45	0,69	0,86	0
30	76,92	2,33203	0,86	0,54	1	0
20	51,28	0,88809	0,41	0,54	0,86	0
30	76,92	2,33203	0,82	0,85	0,57	0
19	48,72	0,7437	0,41	0,46	0,71	0
13	33,33	-0,12266	0,09	0,31	0,71	0
28	71,79	2,04324	0,64	0,69	1	0
11	28,21	-0,41145	0,14	0,23	0,57	0
36	92,31	3,19839	0,95	0,92	1	0
18,77778	48,14764	0,711611	0,433889	0,4325	0,675	Gjennomsnitt
Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter

**VEDLEGG 8**

Filter = 1: hverken klart oppgave 6 eller oppgave 10.

Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter
20	51,28	0,88809	0,55	0,54	0,43	1
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,14	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0	0	1
5	12,82	-1,27782	0,09	0,08	0,14	1
8	20,51	-0,84463	0,23	0,15	0,14	1
16	41,03	0,31052	0,36	0,54	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,08	0,14	1
10	25,64	-0,55585	0,14	0,46	0,43	1
11	28,21	-0,41145	0,32	0,15	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,23	0	1
13	33,33	-0,12266	0,32	0,23	0,29	1
13	33,33	-0,12266	0,41	0,23	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0	0,14	1
11	28,21	-0,41145	0,41	0,38	0	1
9	23,08	-0,70024	0,18	0,23	0,14	1
9	23,08	-0,70024	0,27	0	0	1
10	25,64	-0,55585	0,18	0,31	0,29	1
12	30,77	-0,26706	0,14	0,46	0,43	1
8	20,51	-0,84463	0,27	0,15	0	1
12	30,77	-0,26706	0,18	0,23	0,29	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0	0,29	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,15	0,14	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0,08	0	1
6	15,38	-1,13342	0,18	0	0	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0,08	0,29	1
14	35,9	0,02173	0,32	0,38	0,43	1
14	35,9	0,02173	0,41	0,46	0,14	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0,08	0,14	1
4	10,26	-1,42221	0,09	0,08	0	1
8	20,51	-0,84463	0,18	0	0,29	1
12	30,77	-0,26706	0,36	0,38	0	1
2	5,13	-1,711	0,09	0	0	1
4	10,26	-1,42221	0,05	0	0	1
9	23,08	-0,70024	0,36	0,08	0,29	1
5	12,82	-1,27782	0,14	0	0,14	1
12	30,77	-0,26706	0,36	0,08	0,43	1
11	28,21	-0,41145	0,45	0	0	1
7	17,95	-0,98903	0,14	0,15	0,29	1
17	43,59	0,45491	0,32	0,69	0,29	1

Vedlegg 8

12	30,77	-0,26706	0,36	0,08	0,14	1
10	25,64	-0,55585	0,23	0,38	0	1
6	15,38	-1,13342	0,23	0,23	0,14	1
14	35,9	0,02173	0,41	0,23	0,57	1
5	12,82	-1,27782	0,14	0,23	0,14	1
9,295455	23,83455	-0,65758	0,24	0,190227	0,185455	Gjennomsnitt
Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter

Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter
12	30,77	-0,26706	0,23	0,15	0,71	0
9	23,08	-0,70024	0,18	0,08	0,57	0
10	25,64	-0,55585	0,09	0,46	0,57	0
15	38,46	0,16612	0,36	0,38	0,43	0
11	28,21	-0,41145	0,18	0,15	0,43	0
31	79,49	2,47642	0,77	0,92	1	0
13	33,33	-0,12266	0,14	0,38	0,86	0
8	20,51	-0,84463	0,23	0,08	0,29	0
25	64,1	1,61006	0,73	0,77	0,57	0
23	58,97	1,32127	0,59	0,08	0,86	0
11	28,21	-0,41145	0,18	0,08	0,43	0
12	30,77	-0,26706	0,14	0,46	0,57	0
8	20,51	-0,84463	0,23	0,08	0,29	0
8	20,51	-0,84463	0,14	0,15	0,29	0
16	41,03	0,31052	0,5	0,15	0,86	0
9	23,08	-0,70024	0,14	0,23	0,29	0
8	20,51	-0,84463	0,23	0,46	0,14	0
15	38,46	0,16612	0,41	0,23	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,41	0,46	0,29	0
6	15,38	-1,13342	0,23	0	0,14	0
10	25,64	-0,55585	0,09	0,38	0,43	0
19	48,72	0,7437	0,55	0,38	0,14	0
8	20,51	-0,84463	0,23	0	0,14	0
14	35,9	0,02173	0,18	0,38	0,71	0
18	46,15	0,5993	0,32	0,69	0,71	0
25	64,1	1,61006	0,77	0,54	0,43	0
19	48,72	0,7437	0,27	0,62	0,57	0
15	38,46	0,16612	0,36	0,38	0,57	0
15	38,46	0,16612	0,32	0	0,86	0
12	30,77	-0,26706	0,14	0,38	0,57	0
6	15,38	-1,13342	0,14	0	0,14	0
5	12,82	-1,27782	0,09	0	0,43	0
9	23,08	-0,70024	0,14	0,15	0,29	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,15	0,71	0



Vedlegg 8

19	48,72	0,7437	0,41	0,46	0,86	0
13	33,33	-0,12266	0,27	0,23	0,57	0
14	35,9	0,02173	0,32	0,31	0,43	0
27	69,23	1,89885	0,77	0,62	0,86	0
9	23,08	-0,70024	0,14	0,08	0,57	0
17	43,59	0,45491	0,36	0,38	0,71	0
17	43,59	0,45491	0,41	0,15	0,71	0
12	30,77	-0,26706	0,36	0,46	0,14	0
9	23,08	-0,70024	0,23	0,08	0,43	0
8	20,51	-0,84463	0,09	0,38	0,14	0
11	28,21	-0,41145	0,23	0,31	0,43	0
14	35,9	0,02173	0,27	0,54	0,57	0
9	23,08	-0,70024	0,18	0	0,43	0
9	23,08	-0,70024	0,23	0,23	0,29	0
18	46,15	0,5993	0,45	0,31	0,71	0
30	76,92	2,33203	0,73	0,92	1	0
18	46,15	0,5993	0,5	0,31	0,57	0
11	28,21	-0,41145	0,27	0,31	0,43	0
10	25,64	-0,55585	0,23	0,15	0,43	0
20	51,28	0,88809	0,5	0,23	0,43	0
17	43,59	0,45491	0,41	0,38	0,29	0
27	69,23	1,89885	0,82	0,85	0,71	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,46	1	0
18	46,15	0,5993	0,36	0,31	0,71	0
8	20,51	-0,84463	0,09	0,15	0,14	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,23	0,71	0
10	25,64	-0,55585	0,14	0	0,57	0
10	25,64	-0,55585	0,09	0,15	0,86	0
12	30,77	-0,26706	0,23	0,46	0,57	0
6	15,38	-1,13342	0,18	0,08	0,14	0
30	76,92	2,33203	0,86	0,77	0,86	0
30	76,92	2,33203	0,91	0,77	0,29	0
22	56,41	1,17688	0,5	0,69	0,43	0
9	23,08	-0,70024	0,18	0,08	0,57	0
14	35,9	0,02173	0,36	0,23	0,71	0
13	33,33	-0,12266	0,23	0,23	0,29	0
18	46,15	0,5993	0,55	0,62	0,43	0
19	48,72	0,7437	0,64	0,46	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,14	0,23	1	0
8	20,51	-0,84463	0,14	0,15	0,43	0
14	35,9	0,02173	0,23	0,46	0,57	0
6	15,38	-1,13342	0,18	0	0,14	0
15	38,46	0,16612	0,41	0,31	0,29	0
35	89,74	3,054	0,91	1	1	0
14	35,9	0,02173	0,27	0,54	0,57	0

Vedlegg 8

13	33,33	-0,12266	0,05	0,38	0,71	0
17	43,59	0,45491	0,32	0,08	1	0
9	23,08	-0,70024	0,23	0,15	0,29	0
25	64,1	1,61006	0,73	0,77	0,29	0
17	43,59	0,45491	0,36	0,38	0,43	0
10	25,64	-0,55585	0,18	0,23	0,43	0
12	30,77	-0,26706	0,32	0,38	0,14	0
13	33,33	-0,12266	0,18	0,15	0,86	0
8	20,51	-0,84463	0,09	0,23	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,32	0,31	0,57	0
24	61,54	1,46567	0,59	0,62	1	0
12	30,77	-0,26706	0,23	0,38	0,43	0
10	25,64	-0,55585	0,27	0	0,43	0
22	56,41	1,17688	0,5	0,62	0,86	0
6	15,38	-1,13342	0,14	0,08	0,14	0
15	38,46	0,16612	0,32	0,38	0,43	0
20	51,28	0,88809	0,36	0,77	1	0
9	23,08	-0,70024	0,09	0,23	0,43	0
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,29	0
20	51,28	0,88809	0,5	0,62	0,29	0
10	25,64	-0,55585	0,18	0,62	0,29	0
11	28,21	-0,41145	0,32	0,08	0,43	0
18	46,15	0,5993	0,55	0,46	0,43	0
22	56,41	1,17688	0,5	0,38	0,57	0
14	35,9	0,02173	0,27	0,31	0,86	0
32	82,05	2,62082	0,91	0,85	1	0
10	25,64	-0,55585	0,23	0,08	0,14	0
11	28,21	-0,41145	0,09	0,46	0,43	0
9	23,08	-0,70024	0,09	0,15	0,57	0
7	17,95	-0,98903	0,14	0,08	0,29	0
14	35,9	0,02173	0,14	0,23	0,86	0
18	46,15	0,5993	0,45	0,38	0,71	0
12	30,77	-0,26706	0,23	0,23	0,57	0
13	33,33	-0,12266	0,32	0	0,43	0
15	38,46	0,16612	0,23	0,31	0,57	0
24	61,54	1,46567	0,5	0,62	0,86	0
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,43	0
14	35,9	0,02173	0,23	0,54	0,29	0
11	28,21	-0,41145	0,14	0,54	0,43	0
16	41,03	0,31052	0,36	0,69	0,43	0
17	43,59	0,45491	0,41	0,38	0,57	0
27	69,23	1,89885	0,68	0,62	1	0
35	89,74	3,054	0,95	0,92	1	0
27	69,23	1,89885	0,64	0,77	0,71	0
13	33,33	-0,12266	0,36	0,15	0,57	0

Vedlegg 8

10	25,64	-0,55585	0,18	0,31	0,43	0
24	61,54	1,46567	0,68	0,62	0,29	0
15	38,46	0,16612	0,23	0,38	0,43	0
12	30,77	-0,26706	0,27	0,31	0,57	0
6	15,38	-1,13342	0,09	0,08	0,57	0
25	64,1	1,61006	0,64	0,54	0,86	0
8	20,51	-0,84463	0,32	0,08	0,14	0
24	61,54	1,46567	0,59	0,62	0,71	0
15	38,46	0,16612	0,36	0,23	0,57	0
9	23,08	-0,70024	0,32	0,15	0,29	0
6	15,38	-1,13342	0,18	0,08	0,14	0
35	89,74	3,054	1	0,85	0,86	0
23	58,97	1,32127	0,45	0,69	0,86	0
14	35,9	0,02173	0,18	0,38	0,43	0
14	35,9	0,02173	0,32	0,08	0,43	0
10	25,64	-0,55585	0,18	0	0,57	0
16	41,03	0,31052	0,36	0,31	0,43	0
7	17,95	-0,98903	0,09	0,08	0,71	0
6	15,38	-1,13342	0,18	0	0,14	0
7	17,95	-0,98903	0,14	0,08	0,29	0
30	76,92	2,33203	0,86	0,54	1	0
20	51,28	0,88809	0,41	0,54	0,86	0
16	41,03	0,31052	0,36	0,62	0,29	0
17	43,59	0,45491	0,41	0,62	0,57	0
30	76,92	2,33203	0,82	0,85	0,57	0
15	38,46	0,16612	0,32	0,15	0,57	0
11	28,21	-0,41145	0,27	0,23	0,14	0
7	17,95	-0,98903	0,05	0,38	0,43	0
19	48,72	0,7437	0,41	0,46	0,71	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,46	0,71	0
14	35,9	0,02173	0,23	0,54	0,43	0
13	33,33	-0,12266	0,09	0,31	0,71	0
14	35,9	0,02173	0,32	0,15	0,71	0
4	10,26	-1,42221	0,05	0,15	0,14	0
16	41,03	0,31052	0,32	0,38	0,29	0
28	71,79	2,04324	0,64	0,69	1	0
11	28,21	-0,41145	0,14	0,23	0,57	0
36	92,31	3,19839	0,95	0,92	1	0
<b>15,08642</b>	<b>38,68309</b>	<b>0,178601</b>	<b>0,339877</b>	<b>0,350185</b>	<b>0,531049</b>	<b>Gjennomsnitt</b>
Score	Score i %	Zscore	G1	G2	G3	Filter

**VEDLEGG 9**

Andel elever i hver gruppe som har fått til oppgaven.

	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	Gr5	Gr6	Gr7
Fasit1	0,19	,2258	,2308	,3750	,4138	,4000	,7647
Fasit2	0,00	,0323	,1538	,1250	,3103	,3333	,4706
Fasit3	0,22	,2258	,1538	,2500	,2069	,4000	,7353
Fasit4	0,13	,2581	,3846	,5000	,5172	,5333	,6176
Fasit5	0,19	,1290	,1154	,1250	,1034	,2000	,4118
Fasit6	0,44	,6129	,5769	,7083	,6897	,8333	,9118
Fasit7	0,38	,4839	,4231	,6250	,6207	,7333	,7059
Fasit8	0,31	,4194	,5000	,5000	,6552	,6000	,9706
Fasit9	0,28	,3226	,3462	,2083	,1724	,4667	,6765
Fasit10	0,09	,2903	,3077	,5000	,5517	,5000	,8824
Fasit11	0,03	,0323	,0769	,1250	,1379	,3000	,7059
Fasit12	0,19	,3871	,4615	,4583	,5172	,7333	,8529
Fasit13	0,06	,0645	,1154	,1250	,2414	,4333	,9118
Fasit14	0,06	,1290	,1923	,2083	,3103	,4667	,6765
Fasit15	0,03	,1613	,1923	,2500	,3793	,3000	,5588
Fasit16	0,31	,3871	,7308	,8750	,7931	,8333	,9706
Fasit17	0,00	,2258	,1923	,2083	,2759	,3333	,6176
Fasit18	0,03	0,0000	,1923	,1250	,2069	,2000	,6765
Fasit19	0,41	,4839	,4231	,4583	,5517	,6667	,8235
Fasit20	0,19	,0968	,2308	,5417	,4828	,4667	,7941
Fasit21	0,16	,2581	,2692	,2500	,4138	,4333	,6176
Fasit22	0,09	,1613	,0769	,2083	,2414	,2000	,7059
Fasit23	0,09	,1613	,1154	,2917	,2759	,4000	,8529
Fasit24	0,41	,4516	,5385	,5417	,6207	,6667	,9412
Fasit25	0,09	,1613	,2308	,1250	,1724	,5333	,6176
Fasit26	0,00	,0323	,0385	0,0000	,0345	,0667	,2941
Fasit27	0,25	,4839	,3846	,5833	,5862	,7000	,9118
Fasit28	0,13	,1290	,3077	,5833	,5517	,6667	,8824
Fasit30	0,09	,1290	,2308	,1250	,0690	,2667	,7647
Fasit31	0,13	,1935	,0769	,0833	,1724	,2000	,2647
Fasit32	0,06	,1613	,0385	,2500	,1724	,3667	,6176
Fasit33	0,09	,1290	,1923	,0833	,3448	,3667	,5882
Fasit34	0,03	,0323	,0769	,1667	,1379	,2000	,3529
Fasit35	0,06	,0968	,1538	,2500	,2759	,4333	,7647
Fasit36	0,09	,1935	,5000	,2500	,4483	,3000	,4412
Fasit37	0,16	,0968	,3462	,3333	,4828	,5000	,6765
Fasit38	0,16	,2581	,5000	,5000	,6207	,6667	,7059
Fasit39	0,19	,3226	,4231	,4167	,4483	,4333	,4706
Fasit40	0,22	,3226	,3462	,5833	,6897	,6333	,8235

**VEDLEGG 10**

Korrelasjon mellom faglige bakgrunnskunnskaper og hver enkelt oppgave.

		Matte	Fysikk
Fasit1	Pearson Correlation	,195**	,199**
	Sig. (2-tailed)	,005	,004
	N	203	203
Fasit2	Pearson Correlation	,007	,269**
	Sig. (2-tailed)	,925	,000
	N	203	203
Fasit3	Pearson Correlation	,207**	,290**
	Sig. (2-tailed)	,003	,000
	N	203	203
Fasit4	Pearson Correlation	,036	,171*
	Sig. (2-tailed)	,610	,015
	N	203	203
Fasit5	Pearson Correlation	,030	,187**
	Sig. (2-tailed)	,670	,008
	N	203	203
Fasit6	Pearson Correlation	,150	,136
	Sig. (2-tailed)	,033	,053
	N	203	203
Fasit7	Pearson Correlation	,106	,085
	Sig. (2-tailed)	,132	,228
	N	203	203
Fasit8	Pearson Correlation	,190**	,171*
	Sig. (2-tailed)	,007	,015
	N	203	203
Fasit9	Pearson Correlation	,109	,096
	Sig. (2-tailed)	,122	,172
	N	203	203

Vedlegg 10

		Matte	Fysikk
Fasit10	Pearson Correlation	,117	,314**
	Sig. (2-tailed)	,098	,000
	N	203	203
Fasit11	Pearson Correlation	,043	,352**
	Sig. (2-tailed)	,543	,000
	N	203	203
Fasit12	Pearson Correlation	,111	,164*
	Sig. (2-tailed)	,114	,019
	N	203	203
Fasit13	Pearson Correlation	,093	,325**
	Sig. (2-tailed)	,186	,000
	N	203	203
Fasit14	Pearson Correlation	,035	,217**
	Sig. (2-tailed)	,621	,002
	N	203	203
Fasit15	Pearson Correlation	-,005	,110
	Sig. (2-tailed)	,942	,120
	N	203	203
Fasit16	Pearson Correlation	,061	,276**
	Sig. (2-tailed)	,391	,000
	N	203	203
Fasit17	Pearson Correlation	,072	,300**
	Sig. (2-tailed)	,309	,000
	N	203	203
Fasit18	Pearson Correlation	,114	,266**
	Sig. (2-tailed)	,105	,000
	N	203	203
Fasit19	Pearson Correlation	,036	,013
	Sig. (2-tailed)	,609	,851
	N	203	203
Fasit20	Pearson Correlation	,080	,099
	Sig. (2-tailed)	,257	,162
	N	203	203

Vedlegg 10

		Matte	Fysikk
Fasit21	Pearson Correlation	,088	,170*
	Sig. (2-tailed)	,210	,016
	N	203	203
Fasit22	Pearson Correlation	,100	,224**
	Sig. (2-tailed)	,156	,001
	N	203	203
Fasit23	Pearson Correlation	,104	,200**
	Sig. (2-tailed)	,141	,004
	N	203	203
Fasit24	Pearson Correlation	,049	,104
	Sig. (2-tailed)	,483	,140
	N	203	203
Fasit25	Pearson Correlation	-,037	,313**
	Sig. (2-tailed)	,601	,000
	N	203	203
Fasit26	Pearson Correlation	,094	,284**
	Sig. (2-tailed)	,180	,000
	N	203	203
Fasit27	Pearson Correlation	,062	,057
	Sig. (2-tailed)	,379	,419
	N	203	203
Fasit28	Pearson Correlation	,063	,244**
	Sig. (2-tailed)	,369	,000
	N	203	203
Fasit30	Pearson Correlation	,044	,320**
	Sig. (2-tailed)	,534	,000
	N	203	203
Fasit31	Pearson Correlation	,043	,230**
	Sig. (2-tailed)	,546	,001
	N	203	203
Fasit32	Pearson Correlation	,083	,192**
	Sig. (2-tailed)	,238	,006
	N	203	203

Vedlegg 10

		Matte	Fysikk
Fasit33	Pearson Correlation	,061	,253**
	Sig. (2-tailed)	,389	,000
	N	203	203
Fasit34	Pearson Correlation	-,020	,239**
	Sig. (2-tailed)	,778	,001
	N	203	203
Fasit35	Pearson Correlation	,040	,232**
	Sig. (2-tailed)	,571	,001
	N	203	203
Fasit37	Pearson Correlation	,064	,272**
	Sig. (2-tailed)	,365	,000
	N	203	203
Fasit38	Pearson Correlation	,026	,217**
	Sig. (2-tailed)	,717	,002
	N	203	203
Fasit39	Pearson Correlation	-,007	,184**
	Sig. (2-tailed)	,926	,009
	N	203	203
Fasit40	Pearson Correlation	,122	,180*
	Sig. (2-tailed)	,083	,010
	N	203	203
Score	Pearson Correlation	,187**	,514**
	Sig. (2-tailed)	,008	,000
	N	203	203
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).			
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).			



**VEDLEGG 11**

Frekvenser tabeller for utvalgte oppgaver. Gutter.

o21					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
1	4	5,6	5,6	5,6	-,3031569
2	2	2,8	2,8	8,5	-,2670585
BKK	3	29,2	29,6	38,0	,6818152
4	9	12,5	12,7	50,7	,1340355
Riktig	5	48,6	49,3	100,0	1,1273733
Total	71	98,6	100,0		
Missing	9	1,4			
Total	72	100,0			,7497994
o26					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
1	8	11,1	11,6	11,6	,1119753
BKK	2	26,4	27,5	39,1	,6677015
3	1	1,4	1,4	40,6	-,8446337
BKK	4	43,1	44,9	85,5	,6179359
Riktig	5	13,9	14,5	100,0	2,2165152
Total	69	95,8	100,0		
Missing	9	4,2			
Total	72	100,0			,7834589
o27					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
BKK	1	12,5	12,9	12,9	-,5077148
2	7	9,7	10,0	22,9	-,0814093
Riktig	3	75,0	77,1	100,0	1,0244640
Total	70	97,2	100,0		
Missing	9	2,8			
Total	72	100,0			,7168823
o32					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
Riktig	1	40,3	43,3	43,3	1,4656673
SM	2	19,4	20,9	64,2	,3723999
DOM/SM	3	18,1	19,4	83,6	,4993395
4	11	15,3	16,4	100,0	-,1095379
Total	67	93,1	100,0		
Missing	9	6,9			
Total	72	100,0			,7911111

Vedlegg 11

o15						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
Riktig	1	24	33,3	33,8	33,8	1,4295689
	2	3	4,2	4,2	38,0	-,2189272
SM	3	44	61,1	62,0	100,0	,4385022
	Total	71	98,6	100,0		
Missing	9	1	1,4			
Total		72	100,0			,7457320
o34						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
Riktig	1	16	22,2	28,1	28,1	1,4927412
	2	7	9,7	12,3	40,4	-,2464308
BKK	3	20	27,8	35,1	75,4	1,1407813
BKK	4	14	19,4	24,6	100,0	,3002030
	Total	57	79,2	100,0		
Missing	9	15	20,8			
Total		72	100,0			,8627598
o39						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
	1	4	5,6	7,3	7,3	,4188122
	2	5	6,9	9,1	16,4	,0506079
-	3	20	27,8	36,4	52,7	,7003801
Riktig	4	26	36,1	47,3	100,0	1,1768797
	Total	55	76,4	100,0		
Missing	9	17	23,6			
Total		72	100,0			,8460866
o23						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
	1	4	5,6	5,7	5,7	-,7002399
Riktig	2	45	62,5	64,3	70,0	1,0838259
	3	6	8,3	8,6	78,6	,3105168
BKK	4	14	19,4	20,0	98,6	,3620860
	5	1	1,4	1,4	100,0	-,4114523
	Total	70	97,2	100,0		
Missing	9	2	2,8			
Total		72	100,0			,7498866

**VEDLEGG 12**

Frekvenser tabeller for utvalgte oppgaver. Jenter.

o21					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
1	7	5,3	5,3	5,3	-,7002399
Dom	2	41	30,8	36,1	-,4431485
BKK	3	27	20,3	56,4	-,3472773
4	21	15,8	15,8	72,2	-,5489702
Riktig	5	37	27,8	100,0	-,1929103
Total	133	100,0	100,0		-,3843106
o26					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
1	24	18,0	18,5	18,5	-,4054359
BKK	2	61	45,9	65,4	-,3877812
3	5	3,8	3,8	69,2	-,4403310
BKK	4	35	26,3	96,2	-,3495692
Riktig	5	5	3,8	100,0	,0794867
Total	130	97,7	100,0		-,3648020
Missing	9	3	2,3		
Total	133	100,0			
o27					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
BKK	1	46	34,6	35,7	-,4710932
2	18	13,5	14,0	49,6	-,5718899
Riktig	3	62	46,6	97,7	-,2507559
4	2	1,5	1,6	99,2	,7436983
5	1	,8	,8	100,0	-,4114523
Total	129	97,0	100,0		-,3599630
Missing	9	4	3,0		
Total	133	100,0			
o32					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
Riktig	1	22	16,5	18,2	-,0373410
SM	2	39	29,3	50,4	-,2152248
dom(SM)	3	35	26,3	79,3	-,4815864
4	25	18,8	20,7	100,0	-,6540339
Total	121	91,0	100,0		-,3505921
Missing	9	12	9,0		
Total	133	100,0			

Vedlegg 12

o15						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
Riktig	1	32	24,1	24,1	24,1	-,0594924
	2	15	11,3	11,3	35,3	-,9120175
SM	3	75	56,4	56,4	91,7	-,3459938
	4	10	7,5	7,5	99,2	-,8735125
	5	1	,8	,8	100,0	-,8446337
	Total	133	100,0	100,0		-,3843106
o34						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
Riktig	1	14	10,5	11,9	11,9	,0939261
	2	19	14,3	16,1	28,0	-,7534376
BKK	3	48	36,1	40,7	68,6	-,1948616
BKK	4	37	27,8	31,4	100,0	-,4465751
	Total	118	88,7	100,0		-,3294660
Missing	9	15	11,3			
	Total	133	100,0			
o39						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
	1	12	9,0	11,4	11,4	-,3873866
	2	15	11,3	14,3	25,7	-,5269673
	3	25	18,8	23,8	49,5	-,2150767
Riktig	4	53	39,8	50,5	100,0	-,2180191
	Total	105	78,9	100,0		-,2808103
Missing	9	28	21,1			
	Total	133	100,0			
o23						
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Mean Zscore
BKK	1	42	31,6	31,8	31,8	-,5902256
Riktig	2	22	16,5	16,7	48,5	,1136161
Dom	3	37	27,8	28,0	76,5	-,2826686
BKK	4	26	19,5	19,7	96,2	-,5836141
	5	5	3,8	3,8	100,0	-,4692098
	Total	132	99,2	100,0		-,3808233
Missing	9	1	,8			
	Total	133	100,0			

**VEDLEGG 13**

Frekvenstabbler for deltakere på nivå seks og sju.

<b>o1</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	6	9,4	9,7	9,7
	2	1	1,6	1,6	11,3
Riktig	3	38	59,4	61,3	72,6
SM	4	14	21,9	22,6	95,2
	5	3	4,7	4,8	100,0
	Total	62	96,9	100,0	
Missing	9	2	3,1		
Total		64	100,0		
<b>o2</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	26	40,6	43,3	43,3
	2	4	6,3	6,7	50,0
	3	3	4,7	5,0	55,0
SM	4	22	34,4	36,7	91,7
	5	5	7,8	8,3	100,0
	Total	60	93,8	100,0	
Missing	9	4	6,3		
Total		64	100,0		
<b>o3</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-	1	23	35,9	35,9	35,9
	2	3	4,7	4,7	40,6
Riktig	3	37	57,8	57,8	98,4
	5	1	1,6	1,6	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
<b>o4</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
SM	1	27	42,2	42,2	42,2
Riktig	5	37	57,8	57,8	100,0
	Total	64	100,0	100,0	

Vedlegg 13

o5				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	5	7,8	7,8	7,8
Riktig 2	20	31,3	31,3	39,1
BKK 3	17	26,6	26,6	65,6
4	12	18,8	18,8	84,4
5	10	15,6	15,6	100,0
Total	64	100,0	100,0	

o6				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	6	9,4	9,4	9,4
Riktig 2	56	87,5	87,5	96,9
3	1	1,6	1,6	98,4
4	1	1,6	1,6	100,0
Total	64	100,0	100,0	

o7				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	4	6,3	6,3	6,3
Riktig 2	46	71,9	71,9	78,1
3	7	10,9	10,9	89,1
5	7	10,9	10,9	100,0
Total	64	100,0	100,0	

o8				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	7	10,9	10,9	10,9
Riktig 2	51	79,7	79,7	90,6
4	2	3,1	3,1	93,8
5	4	6,3	6,3	100,0
Total	64	100,0	100,0	

o9				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	3	4,7	4,7	4,7
SM 2	11	17,2	17,2	21,9
3	6	9,4	9,4	31,3
4	7	10,9	10,9	42,2
Riktig 5	37	57,8	57,8	100,0
Total	64	100,0	100,0	

Vedlegg 13

<b>o10</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	45	70,3	71,4	71,4
	2	1	1,6	1,6	73,0
	3	5	7,8	7,9	81,0
	4	5	7,8	7,9	88,9
	5	7	10,9	11,1	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
Total		64	100,0		
<b>o11</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	5	7,8	7,8	7,8
	2	5	7,8	7,8	15,6
BKK	3	21	32,8	32,8	48,4
Riktig	4	33	51,6	51,6	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
<b>o12</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	2	51	79,7	79,7	79,7
DOM	3	10	15,6	15,6	95,3
	4	2	3,1	3,1	98,4
	5	1	1,6	1,6	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
<b>o13</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	2	3,1	3,2	3,2
IMP	3	17	26,6	27,0	30,2
Riktig	4	44	68,8	69,8	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
Total		64	100,0		
<b>o14</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	8	12,5	12,5	12,5
-	2	14	21,9	21,9	34,4
	3	5	7,8	7,8	42,2
Riktig	4	37	57,8	57,8	100,0
	Total	64	100,0	100,0	

Vedlegg 13

<b>o15</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	28	43,8	43,8	43,8
	2	1	1,6	1,6	45,3
SM	3	35	54,7	54,7	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
<b>o16</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	58	90,6	92,1	92,1
	3	3	4,7	4,8	96,8
	5	2	3,1	3,2	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
	Total	64	100,0		
<b>o17</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
BKK	1	25	39,1	39,1	39,1
Riktig	2	31	48,4	48,4	87,5
	4	8	12,5	12,5	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
<b>o18</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	1	1,6	1,6	1,6
Riktig	2	29	45,3	45,3	46,9
	3	9	14,1	14,1	60,9
BKK	4	16	25,0	25,0	85,9
	5	9	14,1	14,1	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
<b>o19</b>					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	7	10,9	11,1	11,1
	2	1	1,6	1,6	12,7
	4	7	10,9	11,1	23,8
Riktig	5	48	75,0	76,2	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
	Total	64	100,0		



Vedlegg 13

o20					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	2	3,1	3,2	3,2
	2	2	3,1	3,2	6,3
v vs. a	3	14	21,9	22,2	28,6
Riktig	4	41	64,1	65,1	93,7
	5	4	6,3	6,3	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
Total		64	100,0		
o21					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	1	1,6	1,6	1,6
	2	7	10,9	10,9	12,5
BKK	3	18	28,1	28,1	40,6
	4	4	6,3	6,3	46,9
Riktig	5	34	53,1	53,1	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
o22					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
BKK	1	14	21,9	21,9	21,9
Riktig	2	30	46,9	46,9	68,8
BKK	4	20	31,3	31,3	100,0
	Total	64	100,0	100,0	
o23					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	1	1,6	1,6	1,6
Riktig	2	41	64,1	65,1	66,7
DOM	3	10	15,6	15,9	82,5
BKK	4	11	17,2	17,5	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
Total		64	100,0		
o24					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	52	81,3	81,3	81,3
	3	9	14,1	14,1	95,3
	5	3	4,7	4,7	100,0
	Total	64	100,0	100,0	

Vedlegg 13

o25				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	1	1,6	1,6	1,6
Riktig 3	37	57,8	57,8	59,4
BKK 4	22	34,4	34,4	93,8
5	4	6,3	6,3	100,0
Total	64	100,0	100,0	
o26				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	8	12,5	12,5	12,5
BKK 2	23	35,9	35,9	48,4
BKK 4	21	32,8	32,8	81,3
Riktig 5	12	18,8	18,8	100,0
Total	64	100,0	100,0	
o27				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	8	12,5	12,7	12,7
2	2	3,1	3,2	15,9
Riktig 3	52	81,3	82,5	98,4
4	1	1,6	1,6	100,0
Total	63	98,4	100,0	
Missing 9	1	1,6		
Total	64	100,0		
o28				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
SM 4	14	21,9	21,9	21,9
Riktig 5	50	78,1	78,1	100,0
Total	64	100,0	100,0	
o30				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1	2	3,1	3,2	3,2
2	2	3,1	3,2	6,3
Riktig 3	34	53,1	54,0	60,3
4	2	3,1	3,2	63,5
IMP 5	23	35,9	36,5	100,0
Total	63	98,4	100,0	
Missing 9	1	1,6		
Total	64	100,0		

Vedlegg 13

o31					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	15	23,4	23,8	23,8
DOM	2	22	34,4	34,9	58,7
-	3	20	31,3	31,7	90,5
	4	6	9,4	9,5	100,0
	Total	63	98,4	100,0	
Missing	9	1	1,6		
Total		64	100,0		
o32					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	32	50,0	51,6	51,6
SM	2	15	23,4	24,2	75,8
DOM	3	12	18,8	19,4	95,2
	4	3	4,7	4,8	100,0
	Total	62	96,9	100,0	
Missing	9	2	3,1		
Total		64	100,0		
o33					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	31	48,4	50,8	50,8
BKK	2	15	23,4	24,6	75,4
	3	8	12,5	13,1	88,5
	4	7	10,9	11,5	100,0
	Total	61	95,3	100,0	
Missing	9	3	4,7		
Total		64	100,0		
o34					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Riktig	1	18	28,1	32,1	32,1
	2	2	3,1	3,6	35,7
BKK	3	26	40,6	46,4	82,1
	4	10	15,6	17,9	100,0
	Total	56	87,5	100,0	
Missing	9	8	12,5		
Total		64	100,0		

Vedlegg 13

o35					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	9	14,1	16,1	16,1
	3	7	10,9	12,5	28,6
	4	1	1,6	1,8	30,4
Riktig	5	39	60,9	69,6	100,0
	Total	56	87,5	100,0	
Missing	9	8	12,5		
Total		64	100,0		

o37					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
BKK	1	14	21,9	25,0	25,0
Riktig	2	38	59,4	67,9	92,9
	3	3	4,7	5,4	98,2
	4	1	1,6	1,8	100,0
	Total	56	87,5	100,0	
Missing	9	8	12,5		
Total		64	100,0		

o38					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	7	10,9	12,5	12,5
	2	3	4,7	5,4	17,9
	3	2	3,1	3,6	21,4
Riktig	4	44	68,8	78,6	100,0
	Total	56	87,5	100,0	
Missing	9	8	12,5		
Total		64	100,0		

o39					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	3	4,7	5,6	5,6
	2	4	6,3	7,4	13,0
	3	18	28,1	33,3	46,3
Riktig	4	29	45,3	53,7	100,0
	Total	54	84,4	100,0	
Missing	9	10	15,6		
Total		64	100,0		

Vedlegg 13

o40					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	1	4	6,3	7,0	7,0
	2	2	3,1	3,5	10,5
	4	4	6,3	7,0	17,5
Riktig	5	47	73,4	82,5	100,0
	Total	57	89,1	100,0	
Missing	9	7	10,9		
Total		64	100,0		