

20 år med fysikkprestasjoner i fritt fall

Analyser av TIMSS Advanced og andre internasjonale studier

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole (red.)



20 år med fysikkprestasjoner
i fritt fall

20 år med fysikkprestasjoner i fritt fall

Analyser av TIMSS Advanced og
andre internasjonale studier

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole (red.)

© 2019 Liv Sissel Grønmo, Arne Hole, Torgeir Onstad og Tor Espen Hagen.

Dette verket omfattes av bestemmelsene i Lov om opphavsretten til åndsverk m.v. av 1961. Verket utgis som Open Access under betingelsene i Creative Commons-lisensen CC-BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Denne tillater tredjepart å kopiere, distribuere og spre verket i hvilket som helst medium eller format, og å remixe, endre, og bygge videre på materialet til et hvilket som helst formål, inkludert kommersielle, under betingelse av at korrekt kreditering og en lenke til lisensen er oppgitt, og at man indikerer om endringer er blitt gjort. Tredjepart kan gjøre dette på enhver rimelig måte, men uten at det kan forstås slik at lisensgiver bifaller tredjepart eller tredjeparts bruk av verket.

Boka er utgitt med støtte fra Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS) ved Universitetet i Oslo.

ISBN trykt bok: 978-82-02-66290-5

ISBN PDF: 978-82-02-59098-7

ISBN EPUB: 978-82-02-63267-0

ISBN HTML: 978-82-02-66408-4

ISBN XML: 978-82-02-66409-1

DOI: <https://doi.org/10.23865/noasp.83>

Dette er en fagfellevurdert antologi.

Typesetting og figurer: Gamma grafisk AS (Vegard Brekke)

Omslagsdesign: Cappelen Damm AS

Cappelen Damm Akademisk/NOASP

noasp@cappelendamm.no

Forord

I denne vitenskapelige antologien presenteres forskningsresultater om fysikk i videregående skole og naturfag i grunnskolen basert på data fra TIMSS Advanced, TIMSS og PISA fra 1995 til 2015. TIMSS- og TIMSS Advanced-studiene er gjennomført i regi av organisasjonen IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement). Studien ledes av forskere ved Boston College i USA, mens sekretariatet for IEA ligger i Amsterdam i Nederland. PISA-studien er organisert i regi av OECD.

TIMSS-gruppen ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS) ved Universitetet i Oslo tok i 2005 et initiativ overfor ledelsen i IEA med sikte på en ny studie av elever i slutten av videregående skole. En slik studie var blitt gjennomført i 1995, og formålet med en ny studie var å kunne studere utviklingen over tid. Studien fikk navnet TIMSS Advanced og ble gjennomført på nytt i 2008 og i 2015. Liv Sissel Grønmo ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning ved Universitetet i Oslo var prosjektleder for TIMSS Advanced i Norge i 2008 og 2015.

Denne boka tar utgangspunkt i fysikkresultater i TIMSS Advanced-studiene. Som tittelen på boka indikerer, så viser våre analyser at det har vært en dramatisk nedgang i norske elevers prestasjoner i fysikk det siste året i videregående skole fra 1995 til 2015. Illustrasjonen på forsiden indikerer samtidig at vi i boka har lagt vekt på å komme med innspill og drøfte hvordan vi kan bedre situasjonen i fysikk. Basisen for elevenes kompetanse i fysikk legges i grunnskolen, og det er derfor naturlig å drøfte resultatene fra det siste året i videregående skole i relasjon til hva elevene har lært eller ikke lært på tidligere trinn i skolen. Boka presenterer derfor også resultater fra analyser av data fra TIMSS-studiene på barnetrinnet og ungdomstrinnet, og fra PISA-studien på ungdomstrinnet. Fysikk er et fag hvor elevene også trenger gode basiskunnskaper

FORORD

i matematikk; vi presenterer derfor analyser av matematikkens betydning for elevenes kunnskaper i fysikk.

I utarbeidelsen av boka har vi samarbeidet med forskere ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning ved Universitetet i Oslo, forskere ved Naturfagsenteret ved Universitetet i Oslo og lærere ved Lillestrøm videregående skole i Akershus. Forlaget har hatt ansvaret for at manuskriptet har blitt fagfellevurdert av personer med relevant forskningskompetanse. Vi takker alle disse for nyttige bidrag i prosessen. Vi takker dessuten forlagets språkkonsulent. Vi har også hatt stor nytte av faglige drøftinger med kollegaer nasjonalt og internasjonalt. Til slutt vil vi gi en stor takk til alle elevene, lærerne og rektorene som har deltatt i de internasjonale studiene. Uten deres innsats på skolene hadde vi ikke hatt den informasjonen vi trenger for våre analyser.

Oslo, november 2019

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole

Innhold

Forord.....	5
1 Introduksjon	11
<i>Forfattere: Liv Sissel Grønmo og Arne Hole</i>	
1.1 Sentrale problemstillinger og bakgrunn for boka.....	12
1.2 Bakgrunn, mål og prioriteringer for boka.....	13
1.3 Utvikling av kunnskap på området skoleforskning: Betydningen av å analysere data fra ulike studier.....	14
1.4 Om de videre kapitlene i boka.....	16
2 Fysikken i TIMSS Advanced og utviklingen av norske læreplaner	19
<i>Forfattere: Arne Hole og Liv Sissel Grønmo</i>	
2.1 Rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced 2015.....	20
2.2 Læreplaner for fysikk i norsk videregående skole.....	24
2.3 Rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced versus norske læreplaner.....	36
3 Hovedresultater i fysikk og naturfag i TIMSS Advanced og TIMSS - 1995 til 2015	41
<i>Forfattere: Liv Sissel Grønmo og Arne Hole</i>	
3.1 Viktige hovedtrender over 20 år i fysikk og naturfag for hele skoleløpet.....	42
3.2 Utdypende resultater for TIMSS Advanced.....	48
3.3 Utdypende resultater i naturfag fra TIMSS på barnetrinn og ungdomstrinn.....	57
3.4 Oppsummerende kommentarer.....	63

4 Et fysikdidaktisk perspektiv	65
<i>Forfattere: Liv Sissel Grønmo og Arne Hole</i>	
4.1 Legitimering av fysikkfaget i skolen.....	66
4.2 Innholdet i fysikkfaget i skolen	70
4.3 Undervisning i fysikk i skolen	76
4.4 Oppsummerende kommentarer	81
5 Matematikk i fysikkfaget.....	85
<i>Forfattere: Arne Hole og Liv Sissel Grønmo</i>	
5.1 Rammeverket i TIMSS Advanced	86
5.2 Språk og innhold i matematisk preget teori:	
Funnet på og funnet ut	87
5.3 Matematikkinnhold i TIMSS, PISA og TIMSS Advanced	
målt med LC-rammeverket	91
5.4 Avsluttende kommentarer.....	96
6 Prestasjonsprofiler i ulike land:	
<i>Betydningen av matematikk for å lykkes i fysikk</i>	
<i>Forfattere: Arne Hole og Liv Sissel Grønmo</i>	
6.1 Geografiske prestasjonsprofiler i TIMSS Advanced 2015.....	98
6.2 Trendutvikling fra 2008 til 2015 – relasjonen mellom	
fysikk og matematikk	102
6.3 Oppsummering	105
7 Like muligheter - tilpasset opplæring for elever med	
<i>interesse og talent for fysikk</i>	
<i>Forfattere: Liv Sissel Grønmo og Arne Hole</i>	
7.1 Skolens ansvar for talentfulle elever i fysikk (Preges norsk skole	
av holdningen at «de flinke elevene greier seg selv»?).....	108
7.2 Skolens ansvar for å stimulere jentene i fysikk.....	114
7.3 Spredning i elevprestasjoner.....	119
7.4 Noen avsluttende kommentarer.....	120

8 Oppgaver i mekanikk og termodynamikk fra TIMSS Advanced 2015	123
<i>Forfattere: Liv Sissel Grønmo, Arne Hole og Tor Espen Hagen</i>	
8.1 Trendoppgaver	125
8.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier.....	141
8.3 Avsluttende kommentarer.....	158
 9 Oppgaver i elektrisitet og magnetisme fra TIMSS Advanced 2015	 161
<i>Forfattere: Arne Hole, Liv Sissel Grønmo og Tor Espen Hagen</i>	
9.1 Trendoppgaver	163
9.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier.....	172
9.3 Avsluttende kommentarer.....	182
 10 Oppgaver i bølger og atom-/kjernefysikk fra TIMSS Advanced 2015	 185
<i>Forfattere: Arne Hole, Liv Sissel Grønmo og Tor Espen Hagen</i>	
10.1 Trendoppgaver.....	187
10.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier	197
10.3 Avsluttende kommentarer	212
 11 Hjemmebakgrunn og undervisningsfaktorer relatert til elevprestasjoner i fysikk.....	 215
<i>Forfattere: Arne Hole og Liv Sissel Grønmo</i>	
11.1 Sosioøkonomisk bakgrunn har stor betydning for prestasjoner	216
11.2 Mye betalt arbeid utenfor skolen er et problem i Norge.....	225
11.3 Fysikklærernes bakgrunn: Positive og negative trekk	228
11.4 Fysikklærerne er gjennomgående tilfredse i jobben	232
11.5 Fysikkelevne trives stort sett godt på skolen.....	234
11.6 Bruk av lekser i Norge framstår noe ensidig.....	236
11.7 Fysikkelevne er stort sett fornøyde med fag og undervisning.....	239
11.8 Oppsummerende kommentarer.....	247

12	Hvordan lykkes i realfag?	
	Drøftinger og forslag til tiltak, utprøvinger og forskning ...	249
	Forfattere: <i>Liv Sissel Grønmo og Torgeir Onstad</i>	
12.1	Hva kan vi lære av leseløftet?	250
12.2	Lærerkompetanse og livslang læring	252
12.3	Læreplaner og implementering i klasserommet	254
12.4	Kjønnsproblematikk og realfag i skolen (like muligheter for begge kjønn – opptakskrav, karaktersetting) ...	257
12.5	Fysikk og matematikk – samspillet er viktig	260
12.6	Differensieringsproblematikk relatert til realfag i skolen	262
12.7	Norske tradisjoner – for fag og for samarbeid	264
13	Rammeverk og metoder	267
	Forfattere: <i>Torgeir Onstad og Liv Sissel Grønmo</i>	
13.1	Hva er TIMSS Advanced?	267
13.2	Rammeverk og instrumenter	274
13.3	Gjennomføring	287
	Appendiks	295
	Informasjon i oppgaveheftene	295
	Referanser	299
	Om forfatterne	309

Introduksjon

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Denne boka om fysikk i norsk skole tar utgangspunkt i resultater fra TIMSS Advanced, som er en internasjonal komparativ studie av elever med full fordypning i fysikk og matematikk i det siste året i videregående skole. TIMSS Advanced 2015 måler elevenes kunnskaper i fysikk og matematikk i de ni landene som deltok: Italia, Libanon, Portugal, Russland, Norge, Sverige, Frankrike, Slovenia og USA. I 2017 ga vi ut ei bok om matematikk i Norge fra 1995 til 2015 med utgangspunkt i TIMSS Advanced matematikk (Grønmo & Hole, 2017), og i denne boka gjør vi det samme for fysikk.

Det er naturlig å drøfte elevenes prestasjoner i fysikk i slutten av videregående skole i relasjon til hva elevene har lært eller ikke lært på tidligere trinn i skolen. I tillegg til at norske elever på 13. trinn ble testet i TIMSS Advanced i 2015, ble norske elever samme år testet på 4. og 5. trinn i barneskolen og på 8. og 9. trinn på ungdomskolen i TIMSS. Data fra disse studiene blir tatt med i våre analyser av fysikkfagets situasjon i norsk skole. For å få valide resultater knyttet til hva som er positivt og hva som er utfordringer i skolen i Norge, er det viktig å se på resultater fra ulike studier, med ulike rammeverk og med ulike typer oppgaver for hva de tester elevene i. Det er også nødvendig å analysere resultater over tid for kunne si noe om utviklingen. Konsistens i resultater på tvers av studier og tid er viktig for å kunne trekke valide konklusjoner. Norge har deltatt i TIMSS Advanced- og TIMSS-studier fra 1995. I løpet av tidsrommet 1995–2015 har vi gjennomført tre TIMSS Advanced-studier i videregående skole og fem TIMSS-studier i grunnskolen. Vi har derfor tilgang til en rik database, noe som gir oss mulighet til å få ut mye informasjon som bakgrunn for å diskutere de problemstillingene vi reiser. Det deltar mange land med ulike utdanningstradisjoner i de internasjonale komparative studiene. De norske resultatene kan derfor også drøftes i et internasjonalt perspektiv.

1.1 Sentrale problemstillinger og bakgrunn for boka

Det har vært mye diskusjon om de store internasjonale komparative studiene som Norge deltar i, særlig når nye resultater presenteres. Ofte er det de generelle resultatene for hvor godt Norge gjør det som får mest oppmerksomhet i media og i offentlige diskusjoner. Dessverre har det vært en tendens til at den offentlige debatten i liten grad går inn på hva studiene faktisk måler når det gjelder elevenes faglige kompetanse. Hvordan man skal måle kompetanse i fysikk, er det ikke noe fasitsvar på. Enhver studie av elevers kompetanse vil ha sin vinkling på faget, og det er ikke sikkert at de kriteriene for vurderingen av elevenes kompetanse som studien representerer, samsvarer med læringsmålene i for eksempel norske læreplaner. Vi trenger derfor analyser som går dypere inn i *det faglige innholdet* i studiene for å kunne svare på spørsmål om hva vi kan lære av studiene med relevans for innhold og prioriteringer i skolen, og for å kunne trekke ut informasjon om hvordan vi kan få til en god progresjon i elevenes læring gjennom skoleløpet. Resultatene fra de internasjonale studiene skal verken styre innhold eller hvordan vi legger opp undervisning i Norge. Det disse studiene kan gi oss, er viktig bakgrunnsinformasjon for de nødvendige drøftingene vi må ha om hvordan vi kan få til en best mulig undervisning, best mulig både for elevene og for samfunnet. Samtidig setter de internasjonale studiene det norske utdanningssystemet i perspektiv og gir oss muligheten til å lære av andre land. Målet med denne boka er å peke på faktorer som framstår som viktige i en slik sammenheng, og å stimulere til en konstruktiv debatt om dette.

Følgende perspektiver eller problemstillinger er sentrale for boka:

- Hvilken vekt legges det på *fysikk i norsk skole*, fra barneskole, gjennom ungdomsskole til slutten av videregående skole?
- Hvilken *progresjon* legges det opp til i fysikk gjennom skoleløpet, fra barneskole, gjennom ungdomsskole til slutten av videregående skole?
- Hvilke *prioriteringer* peker seg ut som sentrale hvis vi vil satse på å gi elevene bedre kunnskaper i fysikk framover?
- Hva kan vi si om betydningen av *kunnskaper i matematikk* for elevers læring av fysikk?
- Hvilke *utviklingstrender* i fysikk ser vi i internasjonale komparative studier over de 20 årene 1995–2015?
- Hvor *konsistente* er de resultatene vi presenterer, over tid og over studier?

Siden det deltar mange land i disse studiene, gir de oss en mulighet til å drøfte alle disse problemstillingene i både et nasjonalt og et internasjonalt perspektiv.

1.2 Bakgrunn, mål og prioriteringer for boka

Skolen har mange ulike formål, men det sentrale for undervisningen i fysikk er likevel hvor mye faglig lærdom elevene får av den typen de vil trenge videre i dagligliv, i utdanninger og i yrker. Vi har derfor lagt hovedvekten på analyser med en faglig synsvinkel. Ikke fordi denne typen analyser gir oss enkle svar på veien videre; virkeligheten er for kompleks til det. Hensikten er å reise en debatt om hva elevene lærer, og om hva de trenger å lære for å fungere godt og kunne bidra i et samfunn i stadig utvikling.

Et underliggende premiss for de problemstillingene vi tar opp i denne boka, er fysikkens legitimitet som skolefag. Hvorfor skal elevene lære fysikk, hvilke behov har elevene for å lære dette faget, og hvilke behov har samfunnet for at elever lærer det? For mer om dette, se kapittel 4. Vi ønsker å bidra til en bred debatt om realfagenes plass i skolen, med spesiell vekt på fysikkfaget. Et sentralt mål er å gi flest mulig elever et godt utgangspunkt for å være aktive samfunnsborgere når det gjelder spørsmål som vedrører naturvitenskapelige problemstillinger. Samtidig må realfagene i skolen ta hensyn til hvilken kunnskap elever trenger for videre studier på området. Realfagene er altså viktige både fra et samfunnsperspektiv og fra et elevperspektiv. Hvilken type kunnskaper trenger samfunnet at elevene tilegner seg i barneskole, ungdomsskole og videregående skole? Hvilken type kunnskap trenger den enkelte elev for videre utdanninger og yrker?

I en del tilfeller sammenlikner vi i denne boka de norske resultatene med et utvalg av land. Landene er valgt for å få et bredt internasjonalt perspektiv, slik at vi har land med det vi kan kalle ulike prestasjonsprofiler i naturfag og fysikk.

De faglige rammeverkene i TIMSS Advanced og TIMSS grunnskole er basert på en konsensus mellom deltakerlandene om hva som er viktig kunnskap, slik dette nedfeller seg i landenes læreplaner. Rammeverket er beskrevet i kapittel 13. En fullstendig beskrivelse av rammeverket kan finnes på hjemmesidene til TIMSS og TIMSS Advanced (<https://timssandpirls.bc.edu/>). Selv om elevenes prestasjoner i fysikk er hovedfokus for boka, blir disse resultatene i en

del tilfeller relatert til og drøftet i lys av elevenes prestasjoner i de andre delene av det integrerte naturfaget vi har i norsk skole.

I utarbeidelsen av boka har vi hatt et nært samarbeid med ledelse og lærere ved Lillestrøm videregående skole i Skedsmo kommune. En av lærerne ved skolen er med som forfatter av flere av kapitlene i boka. Vi har også samarbeidet med Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo. I tillegg har vi brukt ulike andre aktører som har lest og kommet med tilbakemeldinger på deler av boka, inkludert selvsagt den vanlige fagfelle vurderingen som inngår i vitenskapelige framstillinger av denne typen. Vårt mål har vært at et bredt utvalg av fagpersoner med ulike bakgrunner skal bidra til boka. Innholdet i de enkelte kapitlene er likevel forfatterens ansvar.

1.3 Utvikling av kunnskap på området skoleforskning: Betydningen av å analysere data fra ulike studier

En enkelt studie, uansett hvor høy kvalitet studien har, vil aldri kunne gi sikre svar på komplekse problemstillinger som er relatert til virkeligheten. Det gjelder den typen skoleforskning som denne boka representerer, på samme måte som det vil gjelde innen andre fagområder som for eksempel fysikk. Virkeligheten er for kompleks til at vi kan ha full kontroll på alle variabler i en realistisk situasjon.

En måte vi kan møte denne utfordringen på, er ved å sammenlikne og se på konsistensen i resultater og konklusjoner som trekkes i ulike studier over tid. Dette er et grunnleggende premiss for angrepsvinkelen i denne boka og bakgrunnen for valget av den brede innfallsvinkelen vi har i presentasjoner og drøftinger av elevprestasjoner. Vi fokuserer i denne boka spesielt på hvilke lærdommer vi i Norge kan ta fra disse internasjonale studiene på *systemnivå*, altså lærdommer og informasjon relatert til læreplaner og andre rammebetingelser for skolen. Tjue års forskning på mange ulike trinn i skolen er bakgrunnen for at vi i en del tilfeller kan trekke relativt sikre konklusjoner på systemnivået.

En annen måte å møte utfordringene knyttet til hver enkelt utdannings-teoretiske modells utilstrekkelighet på, er gjennom drøftinger og diskusjoner med andre forskere, og med ulike aktører i skole og samfunnsliv. Uenighet er

i en slik forbindelse ingen svakhet, men derimot en styrke som bidrar til økt kunnskap. Som det understrekes i Angell et al. (2019), er dette en forutsetning for å få til en god utvikling av kunnskap i faget fysikk. Det betyr at vi håper at boka kan bidra til konstruktive debatter og drøftinger. Noen fakta har vi godt belegg for, for eksempel gjelder dette elevenes prestasjoner og utviklingen av disse over tid. Men diskusjoner om hvordan vi kan møte utfordringene med å bedre elevenes skoleprestasjoner, blir straks mer kompliserte. Vi har mer eller mindre klare indikasjoner på hva som virker og ikke, men ikke noen fasitsvar. Vi tillater oss derfor å etterlyse en enda mer åpen diskusjon enn det vi synes det har vært hittil om fysikkfagets innhold og metoder i norsk skole.

Vi tillater oss også å peke på at man i en slik faglig debatt må ta for seg hele skoleløpet i Norge, fra barneskole, gjennom ungdomsskole og til slutten av videregående skole. Det er positivt at Regjeringen har satt bedring av elevenes realfaglige kompetanse på dagsorden, blant annet gjennom Utdanningsdirektoratets publisering av Realfagsbarometeret én gang i året. Problemet er bare at på tross av at vi har tjue års forskning på elevenes prestasjoner i fysikk og matematikk i slutten av videregående skole, så er prestasjonsresultater fra trinn 11–13 helt fraværende i det som presenteres for eksempel i Realfagsbarometeret for 2019 (Utdanningsdirektoratet, 2019a). Rapporten inneholder statistikk for elevenes fagvalg i det første året i videregående skole, men dette er hovedsakelig det den inneholder vedrørende realfag i videregående skole.

En mer generell framstilling av de fysikkdidaktiske temaene vi er innom i denne boka, finnes i Angell et al. (2019), som er ei generell lærebok i fysikkdidaktikk i norsk skolekontekst. Vi refererer til denne boka i mange av kapitlene, og i den finnes blant annet en grundig drøfting av hvordan man kan utvikle ny kunnskap i fysikkfaget. Mange av de aspektene som tas opp der, kan overføres til generelle problemstillinger knyttet til utvikling av kunnskap på området skoleforskning.

1.4 Om de videre kapitlene i boka

Kapittel 2 ser på utviklingen av norske læreplaner i fysikk og sammenlikner disse med det faglige rammeverket i TIMSS Advanced. Et sentralt spørsmål i denne forbindelse er i hvilken grad endringene i den norske fysikkplanen i løpet av de siste tiårene har ført til at norske læreplaner har fjernet seg fra det faglige rammeverket i TIMSS Advanced fysikk. To ulike hensyn har gjennom årene fungert som motpoler i diskusjonene om utviklingen i de norske planene: På den ene siden fysikk som grunnlag for videre studier innen realfag, og på den andre siden fysikk som allmenndannelse. Relatert til dette har man også utviklingen i forholdet mellom fysikkfaget og matematikkfaget i videregående skole, og forholdet mellom kvantitativ og kvalitativ behandling av fagstoff.

Kapittel 3 gir et sammendrag av noen av hovedresultatene fra TIMSS Advanced 2015, og det trekkes paralleller til tilsvarende resultater fra TIMSS og PISA i 2015. I kapitlet presenteres også resultater som viser utviklingen over tid i de ulike studiene av norske elevers prestasjoner, fra fysikkens synspunkt. Det legges vekt på å vurdere konsistensen i resultatene, over tid, i ulike studier og på tvers av ulike nivåer i skolen. Kapitlet bygger på resultater og sitater fra rapporter fra prosjektene. Vi fokuserer også på matematikkens rolle som et redskap i fysikk og andre realfag.

I kapittel 4 redegjør vi kort for noen fysikkdidaktiske perspektiver med relevans for de problemstillingene vi tar opp i boka. I kapitlet drøftes ulike begrunnelser for fagets plass i skolen, fagets innhold og undervisning i faget.

Kapittel 5 tar for seg matematikkinnholdet i oppgavene i TIMSS Advanced fysikk og sammenlikner dette matematikkinnholdet med det man finner i matematikkdelen av PISA. Oppgavenes matematikkinnhold måles ved å bruke et rammeverk som beskriver oppgavenes avhengighet av matematisk teori, altså i hvilken grad kunnskaper i matematikk er nødvendige eller fordelaktige for en elev som skal løse oppgavene.

Kapittel 6 omhandler prestasjonsprofiler i grupper av land som har vist seg å være konsistente over tid, på tvers av ulike studier og ulike nivåer i skolen. Videre studeres trendutviklingen av relasjonen mellom fysikk og matematikk.

Tema for kapittel 7 er tilpasset opplæring. Kapitlet tar særlig for seg i hvilken grad norsk skole tar vare på elever med interesse og talent for fysikk, altså de såkalt flinke fysikkelevne. Sentralt her er elevenes fordeling på ulike kompetansenivåer i fysikk og naturfag, slik disse måles i TIMSS Advanced og TIMSS.

De tre neste kapitlene, kapittel 8, 9 og 10, presenterer og diskuterer resultatene

på samtlige oppgaver som er frigjort fra TIMSS Advanced 2015 innenfor henholdsvis *mekanikk og termodynamikk, elektrisitet og magnetisme og bølger og atom-/kjernefysikk*. Dette er de oppgavene som ikke skal brukes ved neste gjennomføring av TIMSS Advanced. Kapitlene presenterer både oppgavetekstene og tabeller med resultater for norske elever sammenliknet med elever fra andre land. Oppgavenes sammenheng med norsk læreplan i fysikk tas opp, og det kommenteres i hvilken grad spørsmålsstillingen i oppgavene er vanlig eller uvanlig i en norsk skolekontekst. Dette gir grunnlag for å diskutere hvorfor de norske elevene presterer som de gjør på de ulike oppgavene. Et av målene med kapitlene er å tilrettelegge for at oppgavemateriale fra TIMSS Advanced kan brukes i undervisning i skolen og i etterutdanning av lærere.

Kapittel 11 omhandler utvalgte resultater som beskriver sammenhenger mellom prestasjonsdata i TIMSS Advanced fysikk og ulike bakgrunnsvariabler. Her henviser vi delvis til den opprinnelige rapporten fra TIMSS Advanced 2015 (Grønmo, Hole & Onstad, 2016). Vi trekker også inn resultater fra tidligere rapporter om gjennomføringer av TIMSS Advanced og TIMSS grunnskole.

Kapittel 12 tar opp og drøfter noen spørsmål basert på resultater fra de foregående kapitlene. Problemstillingene tas opp og drøftes med sikte på å reise konstruktive debatter blant alle som er interessert i skolen. Det gjelder både skoleforskere, skolemyndigheter og politikere. Men minst like mye gjelder det lærerne som har sitt daglige virke i skolen. Denne boka har blitt til i nært samarbeid med lærere ved en videregående skole (Lillestrøm), nettopp for å gjøre den aktuell for denne gruppen. Samarbeidet med lærerne har også vist seg nyttig fra et forskningsperspektiv.

Kapittel 13 er et metodekapittel som gir utdypende informasjon om bakgrunn, rammeverk og teknisk gjennomføring av TIMSS Advanced-studien. Noen viktige stikkord er utvalgsprosedyrer, måleskalaer og oppgavekategorier.

KAPITTEL 2

Fysikken i TIMSS Advanced og utviklingen av norske læreplaner

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Internasjonale storskalaundersøkelser som TIMSS Advanced gir muligheter for å vurdere ulike sider av fysikkfaget i norsk skole i relasjon til det rammeverket som studiene har utviklet. Rammeverket i TIMSS Advanced reflekterer hva som er vanlig å ha med i læreplanene i fysikk i videregående skole i deltakerlandene. For mer om dette se kapittel 13. For å få et bredt perspektiv på vår diskusjon har vi sett på norske læreplaner i fysikk tilbake til midten av 1970-tallet. På denne måten kan si noe om hva som har påvirket planene i Norge, og vurdere i hvilken grad den norske læreplanen er i samsvar med det som internasjonalt utgjør kunnskapsbasen i fysikkfaget i videregående skole. Både for å forstå og kunne forklare rene prestasjonsdata og for å kunne se på sammenhenger mellom prestasjonsdata og andre variabler er det relevant å ha en grundig forståelse av de norske læreplanene. Vi tar for oss læreplanutviklingen i Norge og bruker denne som bakgrunn for våre sammenlikninger av i hvilken grad det faglige rammeverket for TIMSS Advanced 2015 fysikk samsvarer med gjeldende norske læreplaner for faget.

2.1 Rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced 2015

En formell beskrivelse av strukturen i det faglige rammeverket for TIMSS Advanced 2015 fysikk er gitt i kapittel 13. En komplett framstilling er gitt i Mullis & Martin (2014). Vi tar her for oss aspekter ved rammeverket som er særlig relevante for sammenlikning med norske læreplaner i fysikk.

Som beskrevet i kapittel 13 er det faglige rammeverket i TIMSS Advanced fysikk bygd opp på en todimensjonal måte. I den første dimensjonen fordeles fagstoffet i *kognitive kategorier*, og i den andre dimensjonen fordeles det i *fagområder*. De kognitive kategoriene er *kunne*, *anvende* og *resonnere*. Vi skal her primært konsentrere oss om fagområdene:

- mekanikk og termodynamikk (omtrent 40 % av oppgavene)
- elektrisitet og magnetisme (omtrent 25 % av oppgavene)
- bølger og atom-/kjernefysikk (omtrent 35 % av oppgavene)

(Jf. Grønmo, Hole & Onstad, 2016, kap. 3). Vi skal se nærmere på innholdet i hvert fagområde.

2.1.1 Mekanikk og termodynamikk i TIMSS Advanced 2015

Under fagområdet *Mekanikk og termodynamikk* lister rammeverket opp følgende tre delområder:

- krefter og bevegelse
- bevaringslover
- varme og temperatur

I innledningen til fagområdet poengteres det at kinematikk, inkludert Newtons tre lover og Newtons gravitasjonslov, er viktige elementer. Videre nevnes også bevaringslover for *energi* og *bevegelsesmengde* (impuls) og *termodynamikkens første lov* eksplisitt i innledningen. Rammeverket går så videre til å liste opp konkrete *kompetansemål* til hvert av de tre delområdene, altså konkrete beskrivelser av ting man ønsker å teste om eleven *kan*. For delområdet *krefter og bevegelse* kan disse kompetansemålene stikkordsmessig beskrives som følger:

1. bestemme posisjon, strekning, tid, fart og akselerasjon ved å bruke Newtons lover
2. identifisere krefter, inkludert friksjon, og løse problemer som involverer krefter
3. bestemme krefter som virker på et legeme i sirkelbevegelse med konstant fart, bestemme sentripetalakselerasjon og omløpstid
4. bruke gravitasjonsloven til å bestemme bevegelsene til himmellegemer og kreftene som virker på dem

Vi ser her at 3) trekker fram sirkelbevegelse som et område innen klassisk mekanikk det legges spesiell vekt på. Som vi skal se senere i kapitlet, samsvarer dette godt med den norske læreplanen for fysikk. Det samme kan sies om innretningen mot astronomi som uttrykkes ved 4). Merk også at 3) er direkte relevant for 4).

For delområdet *bevaringslover* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. bruke loven om bevaring av mekanisk energi, inkludert i situasjoner hvor potensiell energi går over til kinetisk energi eller omvendt
2. bruke bevaring av bevegelsesmengde i elastiske og uelastiske støt
3. bruke termodynamikkens første lov i problemløsning

Her kan vi notere oss at 3) tenkes å involvere kvantitativ bruk. Dette kommer vi tilbake til når vi sammenlikner med norske læreplaner senere i kapitlet.

For delområdet *varme og temperatur* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, igjen stikkordsmessig beskrevet:

1. vise forståelse for mekanismene i varmeoverføring og den mekaniske ekvivalenten til varme (arbeid), og bruke spesifikk varmekapasitet og varmekapasitet til å finne likevektstemperatur når legemer med ulike temperaturer plasseres sammen
2. bestemme utvidelsen av faste stoffer relatert til temperaturendringer og bruke loven for ideelle gasser (i formen $pV/T = \text{konstant}$) i problemløsning

Merk at disse to kompetansemålene sammen med kompetansemål 3) under delområdet *bevaringslover* til sammen innebærer at rammeverket i TIMSS Advanced 2015 legger stor vekt på kvantitativ termodynamikk. I motsetning til i læreplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced fysikk 1995, behandles dette kun kvalitativt i læreplanen som gjaldt i 2015.

2.1.2 Elektrisitet og magnetisme i TIMSS Advanced 2015

Under fagområdet *Elektrisitet og magnetisme* lister rammeverket opp følgende to delområder:

- elektrisitet og elektriske kretser
- magnetisme og elektromagnetisk induksjon

I innledningen til fagområdet nevnes elektrostatikk, bevegelsen til ladninger i elektriske kretser og magnetfelt, energitap og elektromagnetisk induksjon. For delområdet *elektrisitet og elektriske kretser* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. bruke Coulombs lov til å finne størrelse og retning på tiltrekning eller frastøtning mellom ladde partikler
2. finne kraften på en ladd partikkel i et homogent elektrisk felt og banen den følger
3. løse problemer med strøm, spenning, resistans og energi i elektriske kretser, inkludert anvendelse av Ohms lov og Joules lov

For delområdet *magnetisme og elektromagnetisk induksjon* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. finne kraften på en ladd partikkel i et homogent magnetisk felt og banen den følger
2. demonstrere forståelse for sammenhengen mellom magnetisme og elektrisitet, blant annet for magnetiske felt rundt ledere (Amperes lov), elektromagneter og elektromagnetisk induksjon

2.1.3 Bølger og atom-/kjernefysikk i TIMSS Advanced 2015

Under fagområdet *Bølger og atom-/kjernefysikk* lister rammeverket opp følgende to delområder:

- bølgefenomener
- atom- og kjernefysikk

I innledningen til fagområdet poengteres det at dette området utgjør en bro mellom klassisk og moderne fysikk. Videre nevnes elektromagnetisk stråling, refraksjon, interferens og diffraksjon. For atom- og kjernefysikk trekkes kjernestruktur, elektroners oppførsel, kjernereaksjoner og radioaktiv nedbryting fram spesielt. For delområdet *bølgefenomener* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. anvende kunnskap om mekaniske bølgefenomener og sammenhengen mellom fart, frekvens og bølgelengde i problemløsning
2. vise forståelse av elektromagnetisk stråling som bølger med opphav i vekselvirkninger mellom variasjoner i elektriske og magnetiske felt, og identifisere ulike typer bølger (radio, infrarød, synlig lys, røntgen, gamma) ved bølgelengde og frekvens
3. forklare termisk stråling ved å knytte det til temperatur og bølgelengde til utsendt elektromagnetisk stråling
4. vise forståelse for refleksjon, refraksjon, interferens og diffraksjon

For delområdet *atom- og kjernefysikk* lister rammeverket opp følgende kompetansemål (stikkordsmessig):

1. bruke kunnskap om strukturen i atomer og isotoper, atomnummer og atomær masse i problemløsning, og relatere emisjons- og absorpsjonsspektre til elektroners oppførsel
2. bruke forståelse for bølge/partikkel-dualitet, inkludert kunnskap om fotoelektrisk effekt, til å beskrive konsekvenser av å endre intensitet eller bølgelengde av innfallende lys, og løse problemer knyttet til materiens bølgeegenskaper

3. vise forståelse for kjernereaksjoner og løse problemer knyttet til radioaktiv nedbryting, inkludert halveringstid for radioaktive isotoper, og beskrive kjernereaksjoners rolle i naturen (f.eks. i stjerner) og i kjernereaktorer
4. vise forståelse for masse/energi-ekvivalens i kjernereaksjoner og partikkeltransformasjoner

Som det framgår av det ovenstående, er hvert av kompetansemålene listet opp under de ulike delområdene godt egnet til å definere oppgavesjangre innen det formatet TIMSS Advanced bruker. Vi kan også konkludere med at rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced 2015 er kompetansebasert. Som vi skal se senere i kapitlet, gjør dette at det faglige fysikkrammeverket for TIMSS Advanced 2015 rent formmessig ligger nærmere den norske fysikkplanen som gjaldt for 2015-kullet, enn planen som gjaldt for 1995-kullet.

2.2 Læreplaner for fysikk i norsk videregående skole

For å få et historisk perspektiv på utviklingen innen skolefaget fysikk i Norge, går vi noe lenger tilbake enn tidspunktet for den første gjennomføringen av TIMSS Advanced i 1995. Vi ser på planene fra 1976, 1985 og 1992. Den siste av disse planene gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced fysikk 1995. Vi sammenlikner så disse planene med dagens gjeldende læreplan, som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced 2015. Målet er å belyse utviklingen fra TIMSS Advanced 1995 til TIMSS Advanced 2015.

2.2.1 Fysikkplanen av 1976

Fysikkklæreplanen fra 1976 (KUD, 1976) gjaldt fram til skoleåret 1983/84 (Olsen, 2004), da den ble erstattet av en forløper for planen av 1985, som vi skal se på nedenfor. Fysikkplanen fra 1976 var en del av *Læreplan for den videregående skole*, del 3a, med undertittelen *Studieretning for allmenne fag*. Denne læreplanen beskrev en videregående skole delt i tre *linjer*, omtalt i planen som *naturfaglinjen*, *samfunnsfaglinjen* og *språklinjen*. Fagene elevene tok i løpet av de tre årene, var i tre kategorier: Felles allmenne fag, studieretningsfag (linjefag) og valgfag. Blant disse kategoriene var det studieretningsfagene (linjefagene) som definerte hvilken linje eleven fulgte. For valg blant linjefagene

gav planen føringer. Tenkningen bak dette er eksplisitt formulert på side 9 i læreplanen (KUD, 1976): «*For at fordypningen skal få den nødvendige tyngde, stilles det bestemte krav til fagkombinasjonene innenfor linjen*». Planen angav så en uttømmende liste over fagkombinasjoner som kunne inngå. For naturfaglinjen så det slik ut (sitert med visse typografiske forenklinger):

På naturfaglinjen må én av følgende fagkombinasjoner inngå i fordypningen:

Eksempler på liten fordypning:

a) *Matematikk 5+0=5*

Fysikk 5+5=10

b) *Matematikk 5+0=5*

Kjemi 3+5=8

Biologi 3+0=3 (faget kan eventuelt leses i 3. år)

c) *Matematikk 5+0=5*

Kjemi 3+0=3 (faget kan eventuelt leses i 3. år)

Biologi 3+5=8

d) *Matematikk 5+0=5*

Fysikk 5+0=5 (faget kan eventuelt leses i 3. år)

Kjemi 3+5=8

e) *Matematikk 5+5=10*

Kjemi 3+5=8

Eksempler på middels fordypning:

Matematikk 5+5=10

Fysikk 5+5=10

Matematikk 5+0=5

Kjemi 3+5=8

Biologi 3+5=8

*Eksempler på stor fordypning:**Matematikk 5+5=10**Fysikk 5+5=10**Kjemi 3+5=8**Matematikk 5+0=5**Fysikk 5+5=10**Biologi 3+5=8**Kjemi 0+3=3*

Her betyr tallene hvert fags timetall per uke på henholdsvis 2. og 3. årstrinn. I fysikk het de aktuelle kursene 2FY og 3FY. Merk at mens kursene i kjemi og biologi for 2. årstrinn var tretimerskurs, var fysikkurset 2FY et femtimerskurs. Denne skjevfordelingen hadde sitt motstykke i timefordelingen for naturfag på 1. årstrinn. Dette var et femtimerskurs, og vanlig timefordeling var 2 timer kjemi, 2 timer biologi og kun 1 time fysikk per uke. Siden naturfagkurset var i kategorien *felles allmenne fag*, ble det tatt av alle elever på tvers av naturfaglinje, samfunnsfaglinje og språklinje. At fysikk var satt opp med en så liten del av dette faget, og med et desto større kurs som *studieretningsfag* på 2. årstrinn, kan signalisere en underliggende tenkning om at fysikk i større grad enn kjemi og biologi er relevant for elever som spesialiserer seg innen realfag, og i mindre grad enn disse fagene bør prioriteres som allmenndannelse. Det kan også henge sammen med mulighetene for å studere kjemi og biologi på universitetsnivå uten bakgrunn i fysikk utover 1. årstrinn i videregående skole. Motsetningen mellom fysikk som allmenndannelse og fysikk som studieretningsfag var et sentralt tema i læreplanendringene på 1980-tallet (se under).

I fagplanene for fysikkursene 2FY og 3FY av 1976 kommer linjetenkningen til uttrykk blant annet i avsnittet med tittel «Koordinering av fag». Dette avsnittet inneholder en detaljert beskrivelse av matematikkstoff som er relevant for fysikk som studieretningsfag i videregående skole. Avsnittet starter med:

Faget fysikk anvender matematikk i større grad enn de fleste andre naturvitenskaper. Framstilling av fysikk på den videregående skoles nivå må bygge på at elevene har kjennskap til enkel trigonometri, vektorregning og differensialregning.

Det er ønskelig at en elev som velger 2FY, har tilegnet seg en del matematiske kunnskaper og ferdigheter, enten før kurset tas eller så tidlig som mulig i skoleåret.

Eleven bør da kunne:

*skrive og regne med tall uttrykt ved potenser av 10 (f.eks. $6,4 \cdot 10^7$),
utføre beregninger ved hjelp av logaritmetabell eller regnestav,
løse førstegradslikninger med flere ukjente,
løse annengradslikninger,
forstå og bruke symbolene \ll , \gg , \approx , \propto eller \sim (proporsjonal med),
anvende $\sin x$, $\cos x$ og $\tan x$ for spisse vinkler,
anvende enkel vektorregning: addisjon, subtraksjon,
utføre dekomponering i ortogonale komponenter, skalarprodukt,
overføre informasjon mellom grafisk, numerisk, algebraisk eller verbal form,
ha et visst kjennskap til derivasjon med dens geometriske tolkning.*

På et senere tidspunkt, særlig for 3FY, er det ønskelig at elevene kan bruke de utvidete trigonometriske funksjoner og vanlige trigonometriske formler, forstå og bruke symbolene Σ (summasjon), \equiv (identitet), \int , \int_a^b , $\frac{d}{dx}$, $\frac{d^2}{dx^2}$, ∞ , \bar{x} (middelverdi),

kjenne den geometriske betydning av det bestemte integral og kunne integrere enkle funksjoner,

kjenne funksjonene e^x og $\ln x$

bruke enkle funksjoner framstilt på parameterform. (KUD, 1976, s. 27–28)

En slik eksplisitt angivelse av et anbefalt grensesnitt mot matematikkfaget har, som vi skal se, ikke blitt videreført i de senere planene. I avsnittet «Generell informasjon» først i planen stod det: «*Det forutsettes at alle som velger fysikk, også leser 5-timerskurset i matematikk (2MN) i 2. år.*»

Fysikkplanen fra 1976 var, i likhet med de andre planene for linjefag, lagt opp med en «Fagplan A»-variant og en «Fagplan B»-variant. Forskjellen mellom disse var at mens B-varianten spesifiserte lærestoffet for hele kurset fullstendig,

angav A-varianten bare en del av stoffet og åpnet dermed for *tilvalgsstoff*. Tilvalgsstoffet skulle ifølge planen utgjøre omtrent 4 ukers arbeid i 2FY og 7–8 ukers arbeid i 3FY. Tilvalgsstoffet kunne i prinsippet velges fritt lokalt: «*Tilvalgsstoffet i emnelista er bare rådgivende, annet stoff kan også velges. I 3FY bør en dog ta for seg emnet geometrisk optikk*» (KUD, 1976). Når det gjelder relasjonen mellom 2FY og 3FY, inneholdt planen følgende formulering: «*Da grunnlaget for faget legges i 2FY, må dette kurset være bygd opp fastere enn 3FY.*» (KUD, 1976)

Emnelistene for 2FY og 3FY i planen fra 1976 framstår som svært omfattende og faglig ambisiøse sammenliknet med de etterfølgende planene. Den overordnede emnemessige fordelingen i A-variantens kjernestoff var at 2FY inneholdt klassisk mekanikk ved bruk av vektorregning, termofysikk inkludert kinetisk gassteori, elektrostatikk inkludert Coulombs lov, elektriske felt og elektrisk strøm, Ohms lov, ems og energiomsetning. I 3FY lå elektromagnetisme, inkludert magnetiske felt, elektromagnetisk induksjon, induktans, vekselstrøm og elektromagnetiske bølger, generell bølgefysikk inkludert refleksjon, interferens, resonans og fysikalsk optikk, moderne fysikk inkludert Bohrs atommodell, enkel kvantemekanikk med energinivåer og overganger, radioaktivitet og fisjon, og enkel relativitetsteori. Planen var ikke kompetansebasert, den bestod av opplisting av emner i stilen eksemplifisert her.

2.2.2 Fysikkplanen av 1985

Fysikkplanen av 1985 (KUD, 1986) skiller seg på vesentlige måter fra den tidligere planen omtalt ovenfor. Endringene er så fundamentale at det her er berettiget å snakke om en grunnleggende *retningsendring* for fysikk som studieretningsfag i norsk videregående skole.

De fagovergripende prinsippene for planen av 1985 har imidlertid de samme grunntrekkene som den foregående planen. Fortsatt beskriver planen en linjedelt videregående skole, og betegnelsen studieretningsfag med synonymet *linjefag* er beholdt. Listen over mulige fagkombinasjoner angitt for 1976-planen i forrige delkapittel er også beholdt. Fysikkplanen beskriver fortsatt kurs med betegnelsene 2FY og 3FY, begge med 5 timers undervisning per uke. Formuleringen om at fysikkfaget krever matematikkurset 2MN, er også beholdt.

I fysikkplanens avsnitt 2 om «Mål» kommer imidlertid retningsendringen tydelig til uttrykk. Listen over målformuleringer er essensielt den samme som

i tilsvarende liste i planen av 1976, men nå er følgende mål flyttet opp som det aller første:

[Gjennom arbeidet med faget skal elevene:] *Få kjennskap til at fysikk utgjør en viktig del av kulturen vår, både fordi fysikk og teknikk representerer mye av grunnlaget for vår levestandard, og på grunn av den betydning naturvitenskapen på godt og vondt har hatt for den historiske utvikling og for filosofisk tenkning.* (KUD, 1986, s. 18)

Dette er et mål om fysikken betydning, det handler altså om fysikk. Dreiningen i retning av metaperspektiver er det som i størst grad skiller planen av 1985 fra den foregående fysikkplanen (jf. Lie, Angell & Rohatgi, 2010, kap. 2.2). I det nye avsnittet «Kommentarer til målene» står det i fysikkplanen av 1985 blant annet:

Det er vesentlig at elever som velger faget, skal få forståelse for at fysikk angår dem i deres hverdag, som for eksempel i hjemmet, i trafikken osv. De skal se fagets utvikling i et historisk perspektiv, og de skal få se hvordan kunnskaper i fysikk og bruken av disse kunnskapene preger hele vår livssituasjon. (KUD, 1986, s. 19)

Her ser vi igjen metaperspektivet; dette sitatet framstår som en ren utdyping av målet sitert ovenfor. Det formuleres som en sentral målsetting at elevene skal forstå at faget angår dem.

Vektleggingen av metaperspektiver i planen av 1985 kan sees som et uttrykk for et ønske om at fysikkfaget i videregående skole skal endre seg i retning av å være *allmenndannende* snarere enn profesjonsrettet eller studieforberedende (Angell et al., 2016). Det er interessant å merke seg at denne diskusjonen altså dreier seg om fysikk i videregående skole som *studieretningsfag* (2FY og 3FY), ikke om fysikk i det *felles allmenne naturfaget* på 1. årstrinn i videregående skole eller om fysikken i grunnskolen, som tas av hele årskullet. Fysikk som studieretningsfag på 3. trinn i videregående skole ble ved første gjennomføring av TIMSS Advanced i 1995 valgt av 8,4 % av det totale årskullet. Ved gjennomføringen i 2015 var denne andelen sunket til 6,5 %. Blant jentene tok bare 3,8 % av årskullet fysikk som studieretningsfag på 3. årstrinn i 2015 (Grønmo et al., 2016). Arbeid med fysikk som allmenndannelse gjennom

videregående skoles *studieretningsfag* har altså hatt utfordringer i tiårene som fulgte etter den nye planen av 1985.

Når det gjelder relasjonen mellom studieretningsfagene 2FY og 3FY, er situasjonen en helt annen i planen av 1985 enn i planen av 1976. I fysikkplanen fra 1976 ble det poengtert at innholdet i 2FY måtte defineres fastere enn innholdet i 3FY, fordi 2FY utgjorde grunnlaget for 3FY (KUD, 1976, s. 20). Man la her altså til grunn en idé om vertikal fysikkfaglig oppbygning og progresjon gjennom de to årstrinnene. I planen av 1985 sies det tvert imot: «Lærere og lærebokforfattere står derfor relativt fritt når de skal disponere stoffet. Dette gjelder særlig i 2FY.» (KUD, 1986, s. 20). Videre står det i planen fra 1985:

I 3FY skal det, sammenliknet med 2FY, legges mer vekt på en matematisk fremstilling av stoffet. [...] Denne presiseringen må ikke oppfattes slik at kurset 3FY skal få et ensidig matematisk preg. Den kvalitative forståelsen av fysikk vil stå sentralt også i dette kurset, og det vil bli gitt eksamensoppgaver hvor kandidatene må svare på teorispørsmål og gi kvalitative forklaringer på fysiske fenomener. (KUD, 1986, s. 20)

Vi ser her en tydelig dreining i retning av å gjøre fysikk som studieretningsfag i videregående skole *kvalitativ*. Kurset 2FY beskrives i planen av 1985 med en særlig sterk kvalitativ profil.

Vi ser også denne retningsendringen tydelig i fysikkplanens kapittel 4 om arbeidsmåter. I planen fra 1976 starter dette avsnittet slik:

Skal kursene virkelig gi en innføring i fysikkens metode og tenkemåte, må faget ikke bare bli en formidling av logisk konsistent tankekonstruksjon, men elevene må få anledning til å stille spørsmål, formulere problemer og selv arbeide med å finne svarene. Vitenskapelig arbeidsmåte kan aldri tilegnes ved at en lærer om den. Den kan bare oppnås ved at den søkes praktisert. (KUD, 1976, s. 25)

I planen av 1985 starter det samme kapittel 4 i stedet slik:

Skal kursene gi kunnskaper i og forståelse for at fysikk utgjør en viktig del av kulturen vår, må faget gi elevene anledning til å stille spørsmål og formulere

problemer som knytter faget til deres hverdag for både jenter og gutter. De må kunne knytte faget til ting de leser om i aviser, tidsskrifter eller ser på fjernsyn. (KUD, 1986, s. 25)

Her gjentas altså igjen formuleringen «fysikk utgjør en viktig del av kulturen vår», jf. sitat ovenfor. Vi ser et tilspisset uttrykk for retningsendringen mellom de to planene: Et utsagn fra 1976 som eksplisitt advarer mot undervisning om vitenskapelig arbeidsmåte, er erstattet med et utsagn som uttrykker nettopp at stoff i metakategorien «om fysikk» skal gis plass.

Beskrivelsen av relasjonen til matematikk er i fysikkplanen av 1985 redusert kun til formuleringen «*Faget fysikk anvender matematikk i større grad enn de fleste andre naturvitenskaper. Framstilling av fysikk på den videregående skoles nivå må bygge på at elevene har kjennskap til enkel trigonometri, vektorregning og differensialregning*». Denne formuleringen var også å finne i planen fra 1976. Den etterfølgende eksplisitte listen over matematikkstoff fra planen av 1976 er fjernet. Derimot er en rekke formler tilknyttet de ulike faglige emnene eksplisitt angitt i planen av 1985, for eksempel (KUD, 1986, s. 21):

Strøm, spenning, resistans: $U = RI$

Joules lov: $W = RI^2t$

Bakgrunnen for disse presiseringene angis i planen å være at det skal kunne utformes sentralgitte eksamensoppgaver i 3FY. Presiseringene fungerer altså som omtrentlige indikasjoner på hva som kan gis på eksamen. Sammenliknet med planen fra 1976 framstår denne listen som et virkemiddel for *faglig avgrensning*.

Generelt er kjernestoffet i planen av 1986 mer kortfattet beskrevet enn i planen fra 1976. Planen er i likhet med forgjengeren ikke basert på kompetansebeskrivelser, i stedet brukes listing av innholdskomponenter. Kjernestoffet i 2FY er nå *mekanikk og varme, lys og bølger, kjernefysikk, elektrisitet, energi – samfunn og ferdigheter*. Av disse framstår de to siste som metapregete og fagtemaovergripende. Kjernestoffet i 3FY er *mekanikk, felt* og et siste område med den sammensatte tittelen *masse – energi, bølger og partikler*. Dette siste temaet inkluderer også astrofysikk, herunder kosmologi. Dette er temaer som ikke nevnes i planen av 1976. Sammenliknet med planen fra 1976 er blant annet termofysikk, optikk og vekselstrøm kraftig redusert eller fjernet. Formuleringen «Vitenskapelig arbeidsmåte kan aldri tilegnes ved at en lærer om den» fra 1976-planen er også fjernet.

2.2.3 Fysikkplanen av 1992

Læreplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced fysikk 1995, er planen fra 1992 (KUD, 1992). Som bemerket i Lie et al. (2010) skilte fysikkplanen i denne seg rent innholdsmessig lite fra 1985-planen (se også Angell et al., 2016). Imidlertid er framstillingen av stoffet noe annerledes; i 1992-planen er det enda mer utstrakt bruk av eksplisitte lister over aktuelle formler og annet matematikkpreget innhold. Slik sett er planen av 1992 en mer matematisk spesifisert framstilling av fysikkpensumet enn planen av 1985. Det angis for eksempel her eksplisitt at visse formler for kalorimetri skal være med, og at tilstandslikningen for en ideell gass er med (KUD, 1992, s. 17).

Når det gjelder overordnet struktur, brukes ikke lenger betegnelsen *linjer* i planen fra 1992. I stedet omtaler planen kun *fordypning* i realfag, samfunnsfag eller språkfag. Nå brukes heller ikke betegnelsen *linjefag*, kun betegnelsen *studieretningsfag*. Imidlertid er «studieretningen» her å forstå som «studieretning for allmenne fag», så nomenklaturen fungerer noe annerledes enn i tidligere planer. Formuleringen i de tidligere fysikkplanene om at valg av fysikk som fag krever 2MN, er nå erstattet med

Det forutsettes at alle som velger fysikk, enten leser 5-timerskurset i matematikk (2MN) i 2. år, eller har tilegnet/tilegner seg de nødvendige kunnskaper i matematikk på 2MN-nivå. (KUD, 1992, s. 14)

Listene med eksempler på fordypning framstår ikke så styrende i 1992-planen som i planene fra 1985 og 1976. Vi ser her at utviklingen i retning av oppløsning av linjestrukturen i norsk videregående skole, og herunder den formelle frakoblingen mellom fysikkfaget og matematikkfaget, er i gang. De eksplisitte listene over matematiske formler, og det faktum at man fortsatt har en implisitt linjestruktur, gjør likevel at fysikkplanen av 1992 framstår som et kortere skritt i denne retningen enn hva som er tilfellet med de etterfølgende planene.

2.2.4 Fysikkplanen av 2006

Læreplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced 2015, er planen for Kunnskapsløftet fra 2006 (KD, 2006). I motsetning til planene omtalt ovenfor, er denne kompetansebasert. Linjestrukturen er nå helt løst opp, og planen angir intet eksplisitt om grensesnittet mot matematikkfaget. Fysikkfaget kan velges uavhengig av om eleven velger matematikk som fag på 2. eller 3. årstrinn. Kurset 2FY (for 2. årstrinn) har nå skiftet navn til Fysikk 1, og 3FY (for 3. årstrinn) har skiftet navn til Fysikk 2.

For begge programfagene Fysikk 1 og Fysikk 2 er kompetansemålene i planen fra 2006 delt inn i følgende fem temaområder:

- klassisk fysikk
- moderne fysikk
- å beskrive naturen med matematikk
- den unge forskeren
- fysikk og teknologi

Vi ser her at bevegelsen i retning av metaperspektiver har gått mye lenger enn det som kommer til uttrykk i planen fra 1992. Tre av de fem temaområdene er nå på metanivå i begge de to studieretningskursene Fysikk 1 og Fysikk 2.

Temaområdet *klassisk fysikk* inneholder i Fysikk 1 formuleringer som nevner kontaktkrefter, gravitasjonskrefter, Newtons tre lover, energibegrepet, arbeid, effekt og friksjon. Når det gjelder termofysikk, er formuleringen i Fysikk 1: «Gjengi og drøfte kvalitativt termofysikkens første og andre lov.» Videre nevnes strøm, spenning, resistans og ladning og anvendelse på «enkle og forgreinede likestrømskretser». Videre skal elevene kunne «definere og regne med begrepene frekvens, periode, bølgelengde og bølgefart, og forklare kvalitativt bøyings- og interferensfenomener». For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under temaområdet *klassisk fysikk* begrepene homogene og inhomogene elektriske felt og gravitasjonsfelt, Coulombs lov og Newtons gravitasjonslov, magnetiske felt rundt permanente magneter og elektriske strømmer, magnetisk flukstetthet og fluks og Faradays induksjonslov. Videre nevnes Newtons lover på vektorform for bevegelse i homogene magnetiske felt og gravitasjonsfelt. For sirkelbevegelse inneholder planen følgende svært spesifiserte mål: «regne ut akselerasjon og krefter på objekter som beveger seg med konstant fart i en sirkelbane, og på objekter i en vertikal sirkelbane i øvre og nedre punkt». Det siste målet er

å «gjøre beregninger med loven om bevaring av bevegelsesmengde for sentrale støt».

Kompetansemålene under temaområdet *moderne fysikk* for Fysikk 1 nevner Bohrs atommodell og beregning av frekvenser og bølgelengder i emisjons- og absorpsjonsspektre ut fra den, anvendelse av bevaringslover på fusjons- og fisjonsprosesser, beregninger med Stefan-Boltzmanns lov og Wiens forskyvningslov, HR-diagram, stjerners livssyklus, oppbygning av grunnstoffer i stjerner og standardmodellen for universets utvikling. For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under *moderne fysikk* kvalitativ drøfting av postulatene i den spesielle relativitetsteorien, kvalitativ beskrivelse av den generelle relativitetsteorien, Einsteins forklaring av fotoelektrisk effekt, og å «kvalitativt gjøre rede for hvordan resultater fra forsøk med fotoelektrisk effekt, comptonspredning og partiklers bølgenatur representerer et brudd med klassisk fysikk». Videre nevnes bevaringslover for prosesser med elementærpartikler og beskrivelse av vekselvirkningene mellom elementærpartikler. Det siste kompetansemålet i listen under *moderne fysikk* er å «gjøre rede for Heisenbergs uskarphetsrelasjoner, beskrive fenomenet sammenfiltrede fotoner og gjøre rede for erkjennelsesmessige konsekvenser av dem». Vi ser at mye av dette er avanserte emner fra moderne fysikk som på dette nivået kun kan beskrives kvalitativt.

Kompetansemålene under temaområdet *å beskrive naturen med matematikk* for Fysikk 1 er følgende:

- bruke parameterframstilling til å beskrive rettlinjet bevegelse for en partikkel, og bruke derivasjon til å regne ut fart og akselerasjon når posisjonen er kjent, både med og uten digitale verktøy
- lage en eller flere matematiske modeller for sammenhenger mellom fysiske størrelser som er funnet eksperimentelt
- bruke matematiske modeller som kilde for kvalitativ og kvantitativ informasjon, presentere resultater og vurdere gyldighetsområdet for modellene

For Fysikk 2 er kompetansemålene under temaområdet *å beskrive naturen med matematikk* følgende:

- beskrive banen til en partikkel ved hjelp av parameterframstilling, og bruke derivasjon og integralregning til å regne ut posisjon, fart og akselerasjon når en av de tre størrelsene er kjent

- bruke integralregning til å bestemme arbeid og endring i potensiell energi i sentralfelt og for en fjær som strekkes
- analysere ulike matematiske modeller for en fysisk situasjon, med og uten digitale verktøy, og vurdere hvilken modell som beskriver situasjonen best

Det framgår tydelig at dette temaområdet ikke kan betraktes som en generell kategori for å representere bruk av matematikk i fysikk. Det ligger imidlertid her konkrete anvendelser av differensial- og integralregning, som er temaer i studieretningsfagene Matematikk R2 og Matematikk R3. Slik sett har vi her en eksplisitt formulert kobling til matematikkstoff. Vurderer man oppgavetradisjonen i sentralgitte skriftlige eksamener for Fysikk 2 i perioden rundt 2015, er det uklart i hvilken grad de gjentatte formuleringene om parametriserte kurver i læreplanene for Fysikk 1 og Fysikk 2 er et sentralt tema i disse kursene.

Under temaområdet *den unge forskeren* nevner kompetansemålene for Fysikk 1 vitenskapelig metode i fysikk, alternative (ikke-vitenskapelige) forklaringsmodeller, påvirkning fra forskeres holdninger, forventninger og erfaringer, planlegging og gjennomføring av forsøk, innsamling og vurdering av data med og uten digitale verktøy og simuleringsprogrammer. For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under dette området mye av den samme tematikken, men blant annet nevnes også «vitenskapelig strid» og anslag for usikkerhet.

Under temaområdet *fysikk og teknologi* nevner kompetansemålene for Fysikk 1 forskjellen mellom ledere, halvledere og isolatorer ut fra dagens atommodell, doping av halvledere, oppbygning, virkemåte og eksempler på bruk av dioder og transistorer, virkemåten for lysdetektorer i digital fotografering og video, samt egenskaper, karakteriseringer og begrensninger for moderne sensorer. For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under dette temaområdet teknologiske anvendelser av induksjon, prinsipper bak røntgen, ultralydabbildning og magnetisk resonansabbildning. Det siste kompetansemålet er å «gjøre rede for sampling og digital behandling av lyd».

2.3 Rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced versus norske læreplaner

Vårt hovedanliggende i dette kapitlet er å muliggjøre en sammenlikning av norske læreplaner for fysikk som studieretningsfag i videregående skole med det faglige rammeverket i TIMSS Advanced. Dette er interessant blant annet i forbindelse med diskusjonen om den sterke tilbakegangen de norske elevene har hatt i TIMSS Advanced fysikk fra 1995 til 2015. I denne sammenheng er det primært de norske planene fra 1992 og 2006 det er relevant å sammenlikne, fordi det var disse som gjaldt for de respektive kullene som ble testet i gjennomføringene av TIMSS Advanced i 1995 og 2015. Imidlertid er det viktig at vi her tar høyde for den potensielle forskjellen mellom *intendert* og *implementert* læreplan (jf. kapittel 13). Mens den intenderte læreplanen er nedfelt i selve læreplanens formuleringer, kan den implementerte læreplanen, altså læringsarbeidet som faktisk gjøres ute i skolen, avvike fra den intenderte planen. Slik de norske læreplanene i fysikk av 1976, 1985 og 1992 framstår, må vi ta høyde for at undervisningskulturen knyttet til planene fra 1976 og 1985 til en viss grad kan ha levd videre i den reelle *implementeringen* av planen fra 1992 ute i skolen. Dette har blant annet å gjøre med at inndelingen i *linjer* ikke var helt borte i planen fra 1992 (jf. delkapittel 2.2). Dermed er de tre planene fra 1976, 1985 og 1992 alle relevante i en diskusjon om den implementerte fysikkplanen som gjaldt for de norske deltakerne i TIMSS Advanced 1995 fysikk.

Vurderer man kompetansemålene i den norske planen for studieretningsfagene Fysikk 1 og Fysikk 2 som gjaldt for 2015-kullet, opp mot rammeverket i TIMSS Advanced 2015 fysikk, kan man trekke følgende konklusjoner:

1. *Kompetansemålene i den norske fysikkplanen som gjaldt i 2015, adresserer mye kvalitativt stoff om avanserte, moderne fysiske teorier og anvendelser av fysikk på teknologi og liknende som ikke er med i kompetansemålene for TIMSS Advanced.*

Som eksempler kan her nevnes kvalitativ forståelse av generell relativitetsteori, sammenfiltrede fotoner, halvledere, dioder, transistorer, MR-spektroskopi, sensorer brukt til fotografering, stjerners livssyklus, standardmodellen for universets utvikling og Heisenbergs usikkerhetsrelasjoner. Dette representerer altså kompetanse som de norske elevene ikke fikk uttelling for i TIMSS Advanced 2015 fysikk.

2. *Kompetansemålene i den norske fysikkplanen som gjaldt for 2015-kullet, omhandler også mye stoff om vitenskapen fysikk, altså stoff på metanivå, som ikke er med i kompetansemålene for TIMSS Advanced.*

Eksempler på temaer som de norske kompetansemålene nevner, men som norske elever får liten uttelling for i TIMSS Advanced fysikk (jf. delkapittel 2.1): vitenskapelig metode i fysikk, alternative (ikke-vitenskapelige) forklaringsmodeller, planlegging og gjennomføring av forsøk, innsamling og vurdering av data med og uten digitale verktøy, og vitenskapelig strid.

3. *Mens den norske fysikkplanen som gjaldt for 1995-kullet, kan sies å dekke alle kompetansemålene i rammeverket for TIMSS Advanced fysikk, er dette ikke tilfellet med den norske planen som gjaldt for 2015-kullet.*

Vi så i delkapittel 2.1 at for delområdet *bevaringslover* under fagområdet *mekanikk og termodynamikk* lister rammeverket for TIMSS Advanced opp målene «bruke bevaring av bevegelsesmengde i elastiske og uelastiske støt» og «bruke termodynamikkens første lov i problemløsning». Her er uelastisk støt ikke nevnt i den norske planen, og termodynamikkens første lov er i den norske planen kun knyttet til kvalitativ bruk. For delområdet *varme og temperatur* så vi i delkapittel 2.1 at rammeverket for TIMSS Advanced lister opp kompetansemålet «vise forståelse for mekanismene i varmeoverføring og den mekaniske ekvivalenten til varme (arbeid), og bruke spesifikk varmekapasitet og varmekapasitet til å finne likevektstemperatur når legemer med ulike temperaturer plasseres sammen» og kompetansemålet «bestemme utvidelsen av faste stoffer relatert til temperaturendringer og bruke loven for ideelle gasser (i formen $pV/T = \text{konstant}$) i problemløsning». Ingen av disse er dekket i den norske fysikkplanen som gjaldt i 2015. Her var det kun snakk om kvalitativ forståelse av termofysikk.

Sammenlikningen ovenfor gjelder kun *kompetansemålene* i den norske fysikk-læreplanen vurdert opp mot *kompetansemålene* i rammeverket for TIMSS Advanced 2015 fysikk. Siden oppgavene i TIMSS Advanced lages direkte på grunnlag av kompetansemålene beskrevet i rammeverket, er dette den mest direkte relevante sammenlikningen å gjøre i forbindelse med analyser av elevers prestasjonsdata i TIMSS Advanced.

I sammenheng med det vi diskuterer her, er det også relevant å vite hvordan utvikling av rammeverket foregår i TIMSS og TIMSS Advanced.

Rammeverket beskriver ikke bare det som er felles i landenes læreplaner. For å unngå en «tak»-effekt tar man også med en del ting som ikke er dekket i alle deltakerlandenes planer (se kapittel 13). I forbindelse med dette gjør IEA ved hver gjennomføring av studiene også en analyse av hvordan resultatene for de ulike land ville ha sett ut dersom de oppgavene som er vurdert som utenfor pensum av de enkelte land, hadde blitt tatt ut av studien (Martin, Mullis & Hooper, 2016a). Gjennomgående er konklusjonen at disse justeringene har liten betydning for landenes skår, se delkapittel 13.2.2, spesielt tabell 13.8.

Skal vi sammenlikne med fysikkplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced 1995, er det imidlertid klart at også endringen i selve den norske planens *form* fra 1995 til 2015 kan spille en rolle. Fysikkplanen for 1995-kullet inneholdt eksplisitte lister over matematiske formler, og i sin stil og tilnæringsmåte hadde denne planen klare likhetstrekk med fysikkplanene fra 1986 og 1976. Fysikkplanen for det norske 2015-kullet framstår, med sine tre av fem overordnede temaområder på metanivå og en gjennomgående mye sterkere vekt på kvalitativ forståelse, som en helt annen type dokument.

På det tidspunktet da TIMSS Advanced 2015 ble gjennomført, hadde denne planen for fysikk som programfag i videregående skole og dens relativt like forløper (KUF, 1994) vært i bruk i mer enn 15 år. Det er derfor grunn til å anta at de endringene som fysikkplanen for 2015-kullet representerer i forhold til planen som gjaldt for 1995-kullet, i året 2015 hadde fått god tid til å synke inn i fysikkfagets kultur i norsk videregående skole. Dermed er det grunn til å tro at endringene også var tatt opp i den *implementerte* læreplanen. For øvrig skjedde det også en betydelig utskifting av fysikklærere i den sammen perioden, jf. tabellen over aldersfordeling blant fysikklærere i Lie et al. (2010, s. 161).

Har så endringene i den norske fysikkplanen fra 1995 til 2015 hatt betydning for den sterke tilbakegangen norske fysikkelever hadde i TIMSS Advanced fra i 1995 til i 2015? Et slikt spørsmål er vanskelig å svare på, fordi ordet «betydning» ikke lar seg presisere på noen hensiktsmessig måte. Man kan si at tatt i betraktning punktene i delkapittel 2.3, er det rimelig å anta dette. Som nevnt i Grønmo et al. (2016) er det lett å finne enkeltoppgaver i TIMSS Advanced 2015 der den norske tilbakegangen fra 2008 til 2015 kan relateres til at det faginnholdet oppgaven omhandler, ikke lenger er med i den norske læreplanen i 2015. Det klareste eksemplet på dette finner vi innen termofysikk,

der den norske læreplanen for 2015 har dreid i kvalitativ retning, og dermed ikke lenger dekker rammeverket i TIMSS Advanced fysikk. Men likevel kan vi selvsagt ikke konkludere med at de norske endringene i læreplanene *som helhet* har bidratt til tilbakegangen. Man kan argumentere for at det er sannsynlig, men å fastslå det som sikkert har vi ikke grunnlag for å gjøre.

Hovedresultater i fysikk og naturfag i TIMSS Advanced og TIMSS - 1995 til 2015

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Det er viktig å huske på at grunnopplæringen i Norge i dag består av grunnskolen og videregående skole. For et par generasjoner siden var det rimelig å regne barneskolen og ungdomskolen som den grunnleggende utdanningen alle elevene trengte. Går vi enda lenger tilbake var det barneskolen som var den utdanningen de fleste i samfunnet fikk. I dag starter nesten alle elever i Norge, som i mange andre land, på videregående skole før de går ut i arbeidslivet. Det er derfor rimelig å inkludere videregående skole i det vi nå kaller grunnopplæringen i Norge.

I Norge har det vært relativt lite oppmerksomhet omkring resultatene fra de internasjonale studiene i videregående skole i forhold til resultatene fra tilsvarende studier i grunnskolen. Det man har hatt oppmerksomheten mot i videregående skole, er frafallet, særlig i yrkesutdanningene. Elementære kunnskaper i fysikk og matematikk er i dagens samfunn også svært viktige for mange av yrkesutdanningene, i motsetning til for noen generasjoner siden. Man kan anta at de vil bli enda viktigere framover, se kapittel 4. I denne boka ser vi på hele skoleløpet i fysikk og naturfag, altså i den norske grunnopplæringen.

Vi presenterer hovedresultater og trender basert på 20 års forskning. Selv om vårt utgangspunkt er fysikk i slutten av videregående skole, ser vi i drøftinger, så vel som i presentasjoner av resultater, på hele skoleløpet. For mer om hovedperspektivene i boka henviser vi til kapittel 1.

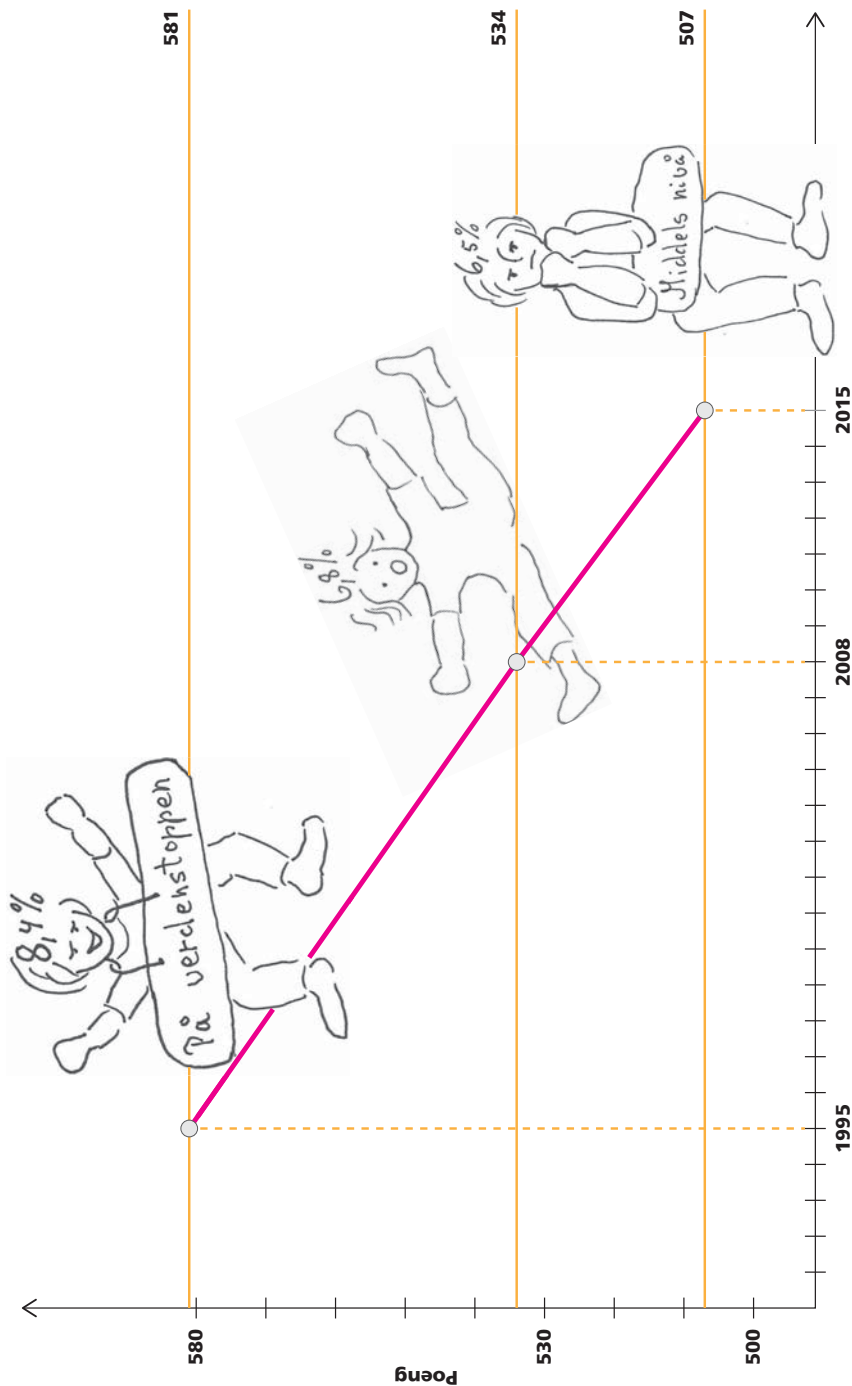
3.1 Viktige hovedtrender over 20 år i fysikk og naturfag for hele skoleløpet

I dette delkapitlet har vi lagt inn noen illustrasjoner som viser hovedtrender i norske elevers kunnskaper i fysikk og naturfag fra 1995 til 2015. Illustrasjonene er valgt for på en kortfattet måte å informere om noen av de viktigste trendene i utviklingen. Illustrasjonene gir ikke noe fullstendig bilde av situasjonen, men de bidrar til å framheve sentrale resultater og utfordringer for skolen som det er viktig å ta opp og drøfte. I de påfølgende to delkapitlene utdyper vi resultatene for henholdsvis fysikk i slutten av videregående skole (delkapittel 3.2) og for naturfag på barnetrinn og ungdomstrinn (delkapittel 3.3).

Illustrasjon 3.1 viser norske elevers prestasjoner i fysikk fra 1995 til 2015. Vi ser at norske fysikkelever i løpet av denne 20-årsperioden har gått fra svært gode prestasjoner, prestasjoner helt i verdenstoppen, til å prestere på et middels nivå i 2015. Grafen viser også at dette er en jevn tidsutvikling, det er ingen tegn til at nedgangen har bremsset opp etter 2008. Målt i antall poeng er nedgangen større fra 1995 til 2008 enn fra 2008 til 2015, men tidsrommet er også større i det første tilfellet. Utviklingen over tid er lineær. Kort oppsummert kan vi konkludere med at den markante nedgangen som ble målt fra 1995 til 2008 fortsetter på samme måte etter 2008.

I både den internasjonale og den nasjonale rapporten fra 1995-studien ble det framhevet at Norge var et land som presterte helt på topp i fysikk. Samtidig ble det pekt på at utfordringen for Norge var å få en større andel elever til å velge faget. I den internasjonale rapporten fra 1995 (Mullis et al., 1998, s. 186) kan man lese:

In Norway, Sweden, the Russian Federation, and Denmark, the country average was significantly above the international average, while in six countries, Switzerland, Canada, France, the Czech Republic, Austria, and the United States it was significantly below the international average. Note that the PTCI [dekningsgraden] was low in Norway (8%), and particularly in Denmark (3%), indicating that physics students in these countries are a very select group.



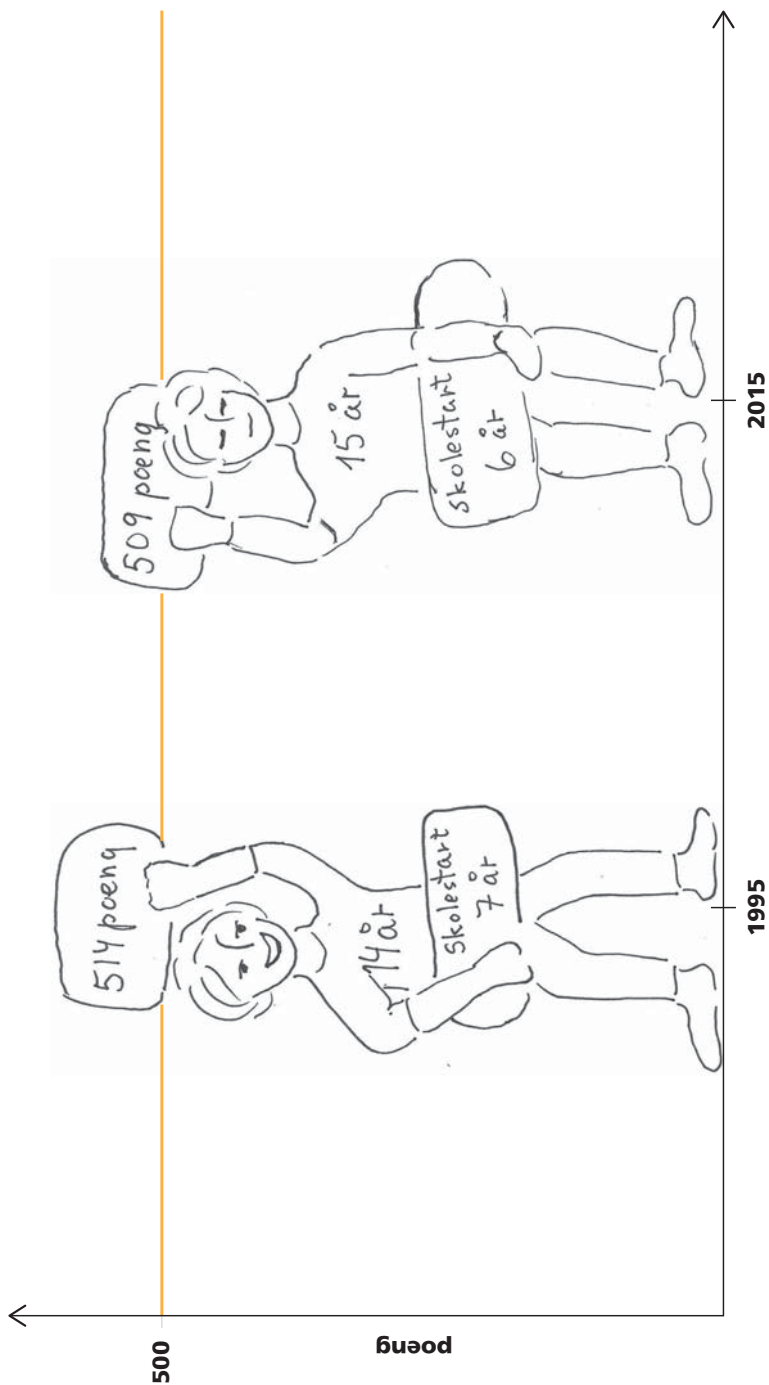
Illustrasjon 3.1 Norske elevers prestasjoner i fysikk i videregående skole fra 1995 til 2015. Andelen som valgte fysikk er angitt i prosent i figuren.

Det var en relativt liten andel av det norske årskullet i 1995 som valgte fysikk til topps i videregående skole, langt lavere enn i mange andre land. I tillegg til den markante nedgangen i prestasjoner over disse 20 årene, har andelen elever som velger faget, sunket med 2 prosentpoeng fra 1995 til 2015. Det er altså nå en lavere andel av et årskull som velger faget, i tillegg til at prestasjonene har sunket markant. I neste delkapittel utdypes disse resultatene, samtidig som nye sentrale resultater presenteres. Nedgang i prestasjoner i fysikk er ikke noe man finner bare i Norge, det ser ut til å være en del av en internasjonal trend for de landene som har deltatt i TIMSS Advanced:

Of the 6 countries with 20 year trend data, France, Norway, the Russian Federation, and Sweden experienced substantial decreases in average achievement since 1995, while Slovenia and the United States had no significant change. No country improved over the 20 year period. (Mullis, Martin & Loveless, 2016d, s. 4)

Det er verdt å merke seg at ingen av de østasiatiske landene, som er de som oftest presterer best i både naturfag og matematikk, deltar i TIMSS Advanced. På bakgrunn av at det er så vidt få land som deltar i denne studien, må man være noe tilbakeholden med å trekke konklusjoner om utviklingen i fysikk globalt. Vi må dessuten huske på at det er noe mer problematisk å sammenlikne prestasjonene i TIMSS Advanced i ulike land enn det er i grunnskolen. I TIMSS Advanced må man også ta hensyn til at andelen av årskullet som velger faget, varierer ganske mye mellom land. Andelen i landet som tar faget, sammenholdt med elevenes prestasjoner, sier mer om hvor mange eksperter det enkelte land utdanner, enn om man bare ser på prestasjonsforskjellene. Mer om dette i delkapittel 3.2.

Illustrasjon 3.2 sammenlikner norske elevers prestasjoner i naturfag i 1995 med ett år eldre elever i 2015. Som illustrasjonen viser, presterer ett år eldre elever på samme nivå som ett år yngre elever gjorde i 1995. I tillegg hadde elevene vi testet i 2015 skolestart som 6-åringer, mens skolestart for 1995-eleven var 7 år. På samme måte som det var en markant nedgang i de norske prestasjonene i slutten av videregående skole i det tidsrommet vi ser på, har vi



Illustrasjon 3.2 I naturfag presteter ett år eldre elever i 2015 på samme nivå som ett år yngre elever gjorde i 1995

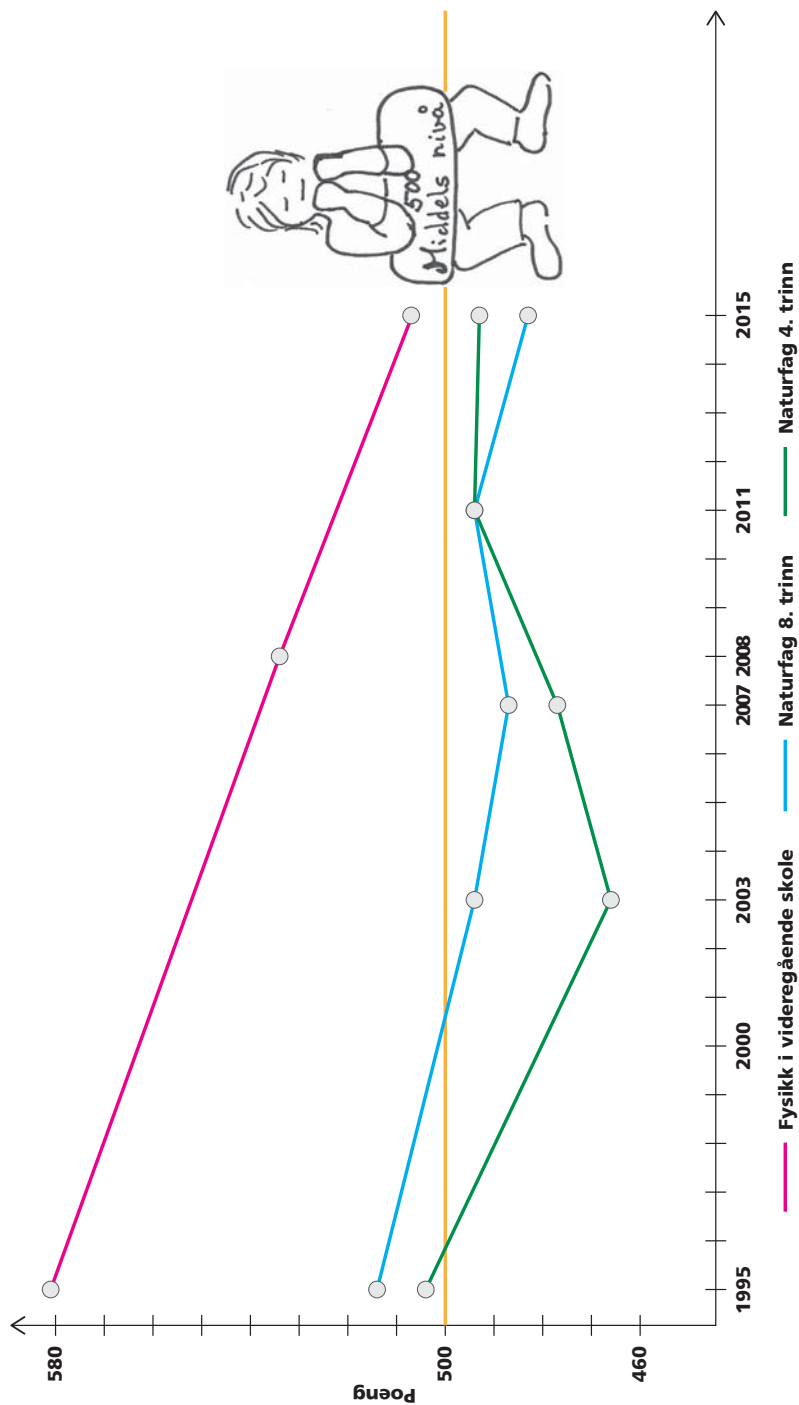
en markant nedgang i naturfag i grunnskolen. Hvor godt elevene presterer i videregående skole, er det rimelig å anta at har sammenheng med hvilket faglig grunnlag de har med seg fra grunnskolen. Nedgangen i fysikk i videregående skole kan derfor i noen grad ha sammenheng med hvor mye de lærte av fysikk i grunnskolen. I hvilken grad de velger fysikk i videregående skole, kan også ha sammenheng med hva de ble eksponert for og fant interessant i naturfag i grunnskolen. Mens vi tester elevene i fysikk i videregående skole, har de norske elevene i grunnskolen det som kalles integrert naturfag, hvor fysikk inngår som et av områdene med en veiledende undervisningstid på 1 time per uke. Det er derfor også verdt å merke seg at fysikk er det fagområdet som norske elever gjennomgående har prestert svakest i både på 4. trinn i barneskolen og på 8. trinn i ungdomsskolen i hele perioden fra 1995 til 2015.

Årskullet elever som deltok i TIMSS på ungdomstrinnet i 2011, er det samme årskullet som ble testet i TIMSS Advanced i 2015. Resultatene indikerer at norske elever etter årtusenskiftet har et svakere grunnlag i naturfag fra grunnskolen enn det de hadde tidligere. Det svake resultatet fra grunnskolen kan være en medvirkende årsak til problemene med fysikk i videregående skole, både nedgangen i andel elever som velger faget, og nedgangen i prestasjoner.

Illustrasjon 3.3 sammenlikner prestasjoner for jevngamle norske elever i hele utdanningsløpet i naturfag og fysikk.

I slutten av videregående skole testes elevene i fysikk; på barnetrinn og ungdomstrinn i Norge har elevene integrert naturfag med fysikk som en av komponentene.

Som vi ser av illustrasjonen, er det på alle nivåene i skolen en markant tilbakegang fra 1995 til de første målingene etter årtusenskiftet. I 1995 presterte de norske elevene som hadde valgt full fordypning i fysikk i videregående skole svært godt, mens de etter det har hatt en lineær nedgang i prestasjoner. Nedgangen fra 1995 til 2015 er på hele 74 poeng på en skala med standardavvik på 100 og midtpunkt på 500. Dette er den største nedgangen som er målt for norske elever i noen studier, langt større enn de nedgangene som ble kalt PISA-sjokket i 2003 for grunnskolen. Samtidig har andelen elever som velger



Illustrasjon 3.3 Utvikling i norske elevers prestasjoner i fysikk og naturfag fra 1995 til 2015

fysikk til topps i videregående skole gått ned fra 8,4 % i 1995 til 6,5 % i 2015. Dette på tross av at andelen som tok fysikk i 1995 ble vurdert som lavere enn ønskelig. Norske elevers prestasjoner i det integrerte naturfaget på 8. trinn gikk ned i perioden 1995 til 2003, og er på det samme nivået i 2015. Også på 4. trinn var det en klar nedgang fra 1995 til 2003, men her forbedret resultatet seg fram til 2011, men da stoppet oppgangen opp på dette trinnet. Naturfag i grunnskolen og fysikk i videregående skole er i 2015 alle i nærheten av det midlere nivået for skalaen som brukes i TIMSS-studiene.

3.2 Utdypende resultater for TIMSS Advanced

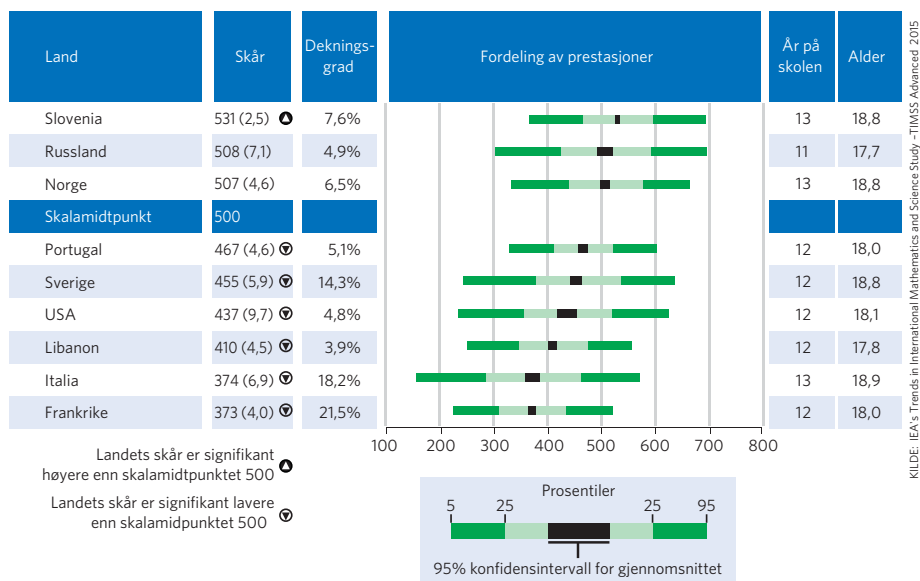
I dette delkapitlet presenterer vi flere sentrale resultater fra TIMSS Advanced. Noen av disse ble presentert i den første boka fra 2015-studien, *Ett skritt fram og ett skritt tilbake* (Grønmo, Hole & Onstad, 2016). Der hadde vi også med noen kommentarer omkring læreplaner i faget. I denne boka har vi valgt å ha et eget kapittel som utdyper og drøfter de norske læreplanene langt grundigere enn det vi gjorde i den første boka (se kapittel 2).

Tekstboks 3.1 Måleskalaen i TIMSS Advanced

For å kunne gjøre studier som viser utvikling over tid (trendstudier), trenger man en fast skala å relatere resultatene til. I alle TIMSS-studier beholdes mange oppgaver uendret fra undersøkelse til undersøkelse. Ved hjelp av disse er det mulig å konstruere en slik fast skala. I TIMSS-studiene har man valgt å bruke de internasjonale resultatene fra 1995 som basis for den faste skalaen som brukes til å måle prestasjoner.

Det internasjonale gjennomsnittet fra 1995 ble standardisert til 500 med et standardavvik på 100. Senere studier bruker denne standardiserte skalaen for å beregne landenes gjennomsnittlige skår. Noen figurer viser også fordelingen av elevenes skår ved et diagram som angir 5-, 25-, 75- og 95-prosentilene. I tillegg vises da midt i diagrammet et 95 % konfidensintervall for gjennomsnittsverdien (to standardfeil, SE, i hver retning ut fra det målte gjennomsnittet). Tall plassert i parentes bak skår angir standardfeil.

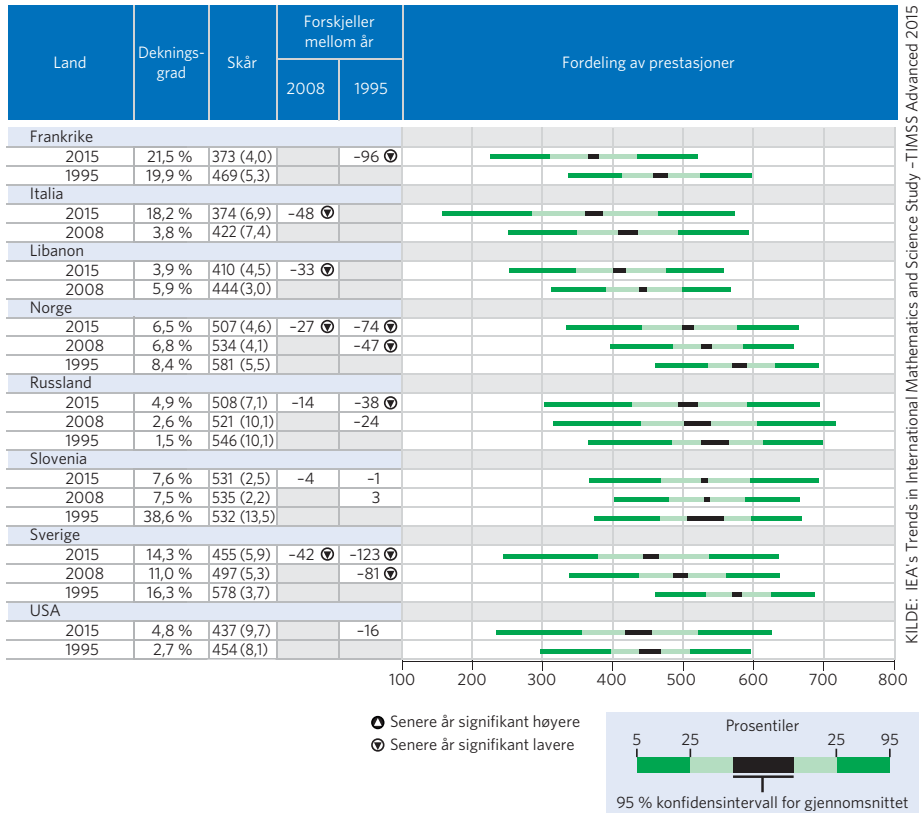
Tabell 3.1 Hovedresultater i fysikk for landene som deltok i TIMSS Advanced 2015. Se tekstboks 3.1 for forklaring.



Tabell 3.1 viser hovedresultatene for fysikkspesialistene i de landene som deltok i 2015. Kolonnene i tabellen viser hvert lands gjennomsnittlige elevprestasjon (poengskår), dekningsgrad, elevenes antall år på skolen og deres gjennomsnittsalder. I den brede kolonnen i midten illustreres spredningen i skår for hvert enkelt land. Tekstboks 3.1 gir informasjon om mål og skalaer som er brukt i tabellen. For ytterligere informasjon om studien og gjennomføringen av denne, henviser vi til kapittel 13.

Nedgangen i fysikkprestasjoner for norske elever fra 1995 er $\frac{3}{4}$ av standardavviket. Basert på tidligere beregninger kan man grovt si at ett års økning i alder og ett år mer skolegang antas gi en økning på rundt 40 poeng på den typen skala som brukes i TIMSS Advanced. Noe upresist kan man derfor si at tilbakegangen i norske fysikkprestasjoner fra 1995 til 2015 tilsvarer bortimot to års faglig modning. Det er en dramatisk nedgang. Enda mer dramatisk blir dette bildet når vi tar med i vurderingen at andelen elever som velger faget, dekningsprosenten, også har gått ned med 2 prosentpoeng. Fra 1995 til 2015 har altså Norge gått fra å være et høytpresterende land til å være et land som presterer omtrent på skalamidtpunktet når det gjelder utdanning av fysikkspesialister i videregående skole.

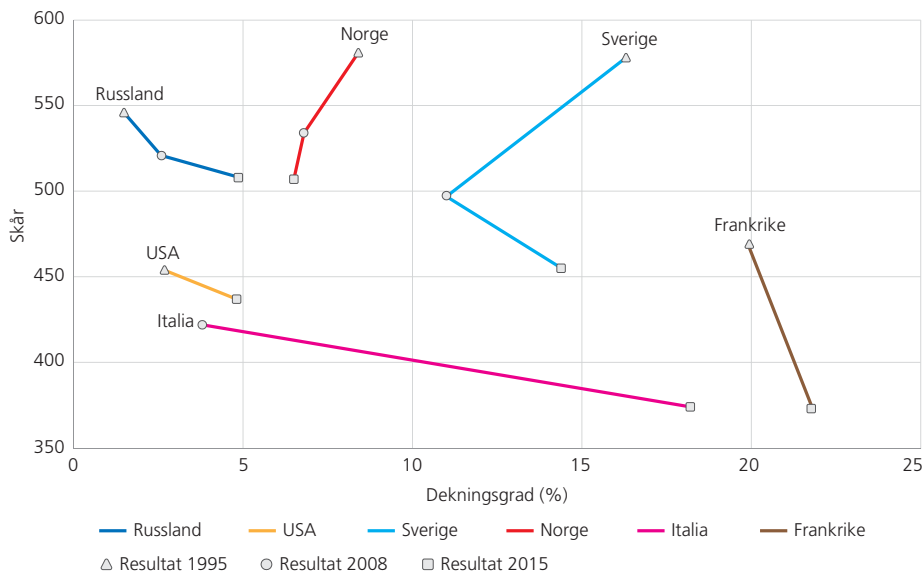
Tabell 3.2 Trender i skår og dekningsgrad for land som deltok i fysikk i TIMSS Advanced 2015 og som også har deltatt minst én gang tidligere. Trendene er framstilt grafisk i figur 3.1.



KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study –TIMSS Advanced 2015

Som vist i illustrasjon 3.1, er det en jevn nedgang i prestasjonene for de norske elevene som har valgt full fordypning i fysikk i videregående skole. Først er det en klar nedgang fra 1995 til 2008, så en ytterligere nedgang fra 2008 til siste studie i 2015. Samtidig har det vært en nedgang i andel av årskullet som velger fysikk som fordypning på videregående skole. Tabell 3.2 og figur 3.1 viser at også andre land har hatt en nedgang i resultater, så det er ikke bare i vårt land vi ser denne trenden. Samtidig må vi ta med i betraktningen at det er et begrenset utvalg av land som deltar i TIMSS Advanced. Vi har for eksempel ikke med noen land i Sørøst-Asia eller Oseania, slik vi har det i TIMSS for grunnskolen. Land i Sørøst-Asia er ofte av de landene som gjør det best i realfag i de internasjonale studiene i grunnskolen. Vi må derfor være forsiktige med å trekke konklusjoner om en generell nedgang globalt. I vurderingen av

Figur 3.1 Trender i skår og dekningsgrad for utvalgte land som deltok i fysikk i TIMSS Advanced 2015 og som også har deltatt minst én gang tidligere. Det første året landet deltok, er markert på figuren. De neste prikkene viser resultater i påfølgende studier, altså 2008 og/eller 2015.



resultater i TIMSS Advanced må vi også ta hensyn til dekningsgrad og til alder på elevene for å kunne sammenlikne land, og for å kunne si noe om hvor positiv eller negativ utviklingen er.

Tar vi med dekningsgrad kan vi si at land som USA og Italia har en viss framgang, fordi dekningsgraden har økt en del. I TIMSS Advanced er det enkelte land som definerer den populasjonen de ønsker å teste. Økningen i dekningsgrad kan derfor skyldes at noen land har utvidet den populasjonen de har med i studien. Den muligheten har vi ikke i Norge og Sverige, da vi har definert populasjonen i fysikk i TIMSS Advanced som alle som tar dette faget i det siste året i videregående skole. Det er derfor greit å trekke konklusjonen om at begge disse landene har hatt en markant nedgang i fysikk fra 1995 til 2015.

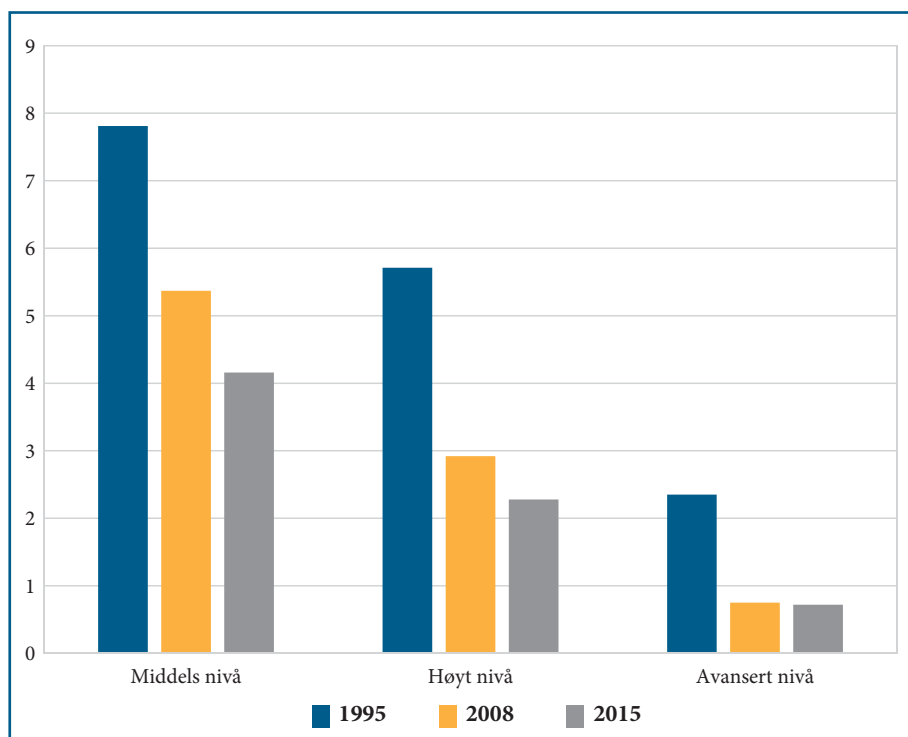
Når det gjelder de internasjonale trendene i TIMSS Advanced, er det verdt å merke seg at utviklingen i de fleste land har *mange av de samme trekkene i både fysikk og matematikk* (se Grønmo & Hole, 2017). Vårt naboland Sverige ser ut til å ha mange av de samme utfordringene som Norge, både i fysikk og i matematikk. Vi vil derfor i noen sammenhenger sammenlikne mer med Sverige enn med de andre landene for å få en best mulig forståelse av utviklingen uten for mange forstyrrende faktorer. Det er også en fordel at elevene har samme alder i Norge og Sverige, mens elevene er yngre i flere av de andre landene (se tabell 3.1).

Man kan hevde at kunnskap i fysikk er viktig, og at det antakelig blir enda viktigere framover. For mer om dette, se kapittel 4. Et høyt utviklet moderne samfunn som det vi lever i, står overfor store utfordringer på områder som miljø og teknologi. Å gi elevene gode kunnskaper i fysikk er derfor noe det synes rimelig å prioritere i skolen. Den markante tilbakegangen i prestasjoner, sammen med nedgang i dekningsgrad slik det ble dokumentert etter TIMSS Advanced i 2008, ser ikke ut til å ha blitt tatt på alvor når tilbakegangen i TIMSS Advanced 2008 følges opp med en ytterligere tilbakegang i 2015. Norge har store utfordringer som man må ta på alvor og prøve å løse.

Resultatene i fysikk fra TIMSS Advanced 1995 ble presentert med stor entusiasme. Norge var det landet som lå øverst på listen over faglige prestasjoner. Det ble til dels tolket som at vi er best i verden. Nå kan man stille kritiske spørsmål ved om det var en holdbar konklusjon. For eksempel presterte Sverige omtrent like godt som Norge, samtidig som det var en dobbelt så høy andel av årskullet i Sverige som valgte fysikk til topps i videregående skole (8 % av årskullet i Norge, 16 % av årskullet i Sverige). Dette er en faktor man må ta hensyn til i vurderingene av hvor godt landene gjør det i denne typen studier.

Når det gjelder de norske resultatene, er det interessant å se på hvilken betydning nedgangen i prestasjoner har hatt for Norge når det gjelder å utdanne fysikkspesialister ved slutten av videregående skole. En måte å gjøre det på er å se på *hvor mange prosent av et norsk årskull som når de ulike kompetansenivåene* middels, høyt og avansert, slik de er definert i TIMSS Advanced (se kapittel 7 for beskrivelse av de ulike kompetansenivåene, se også internasjonal rapport for TIMSS Advanced 2015 (Martin, Mullis, Foy & Hooper, 2016b)). Figur 3.2 viser dette.

Figur 3.2 viser hvor store andeler av årskullet som nådde hvert av de tre kompetansenivåene i hver av de tre TIMSS Advanced-studiene. For å forstå figuren er det viktig å legge merke til to ting: For det første gjelder prosenttallene ikke andeler av de respektive populasjonene som ble undersøkt, men andeler av de respektive *årskullene*. For det andre skal diagrammet forstås *kumulativt*; det betyr at elever som nådde høyt nivå, også er regnet med blant de elevene som nådde middels nivå, og at elever som nådde avansert nivå, også er regnet med blant de elevene som nådde hvert av de to lavere nivåene.

Figur 3.2 Prosentandeler av årskull som når ulike kompetansenivåer i TIMSS Advanced

Som det framgår av figuren, er det i Norge en klar nedgang i andelen av årskullene som når de ulike kompetansenivåene. Andelen som når avansert nivå nå, er under 1 % av årskullet, mens det i 1995 var over 2 % som nådde dette nivået. Nærmere 6 % av årskullet nådde høyt nivå i 1995, i 2015 har denne andelen sunket til vel 2 %. Det reiser noen problemstillinger rundt hvor godt den norske skolen i dag tar vare på de flinke elevene, elever med spesiell interesse og talent for fysikk. Denne problematikken tar vi opp og drøfter grundigere i kapittel 7. I samme kapittel ser vi også nærmere på dette fra et kjønnsperspektiv.

Fysikkprestasjoner på ulike fagområder i fysikk

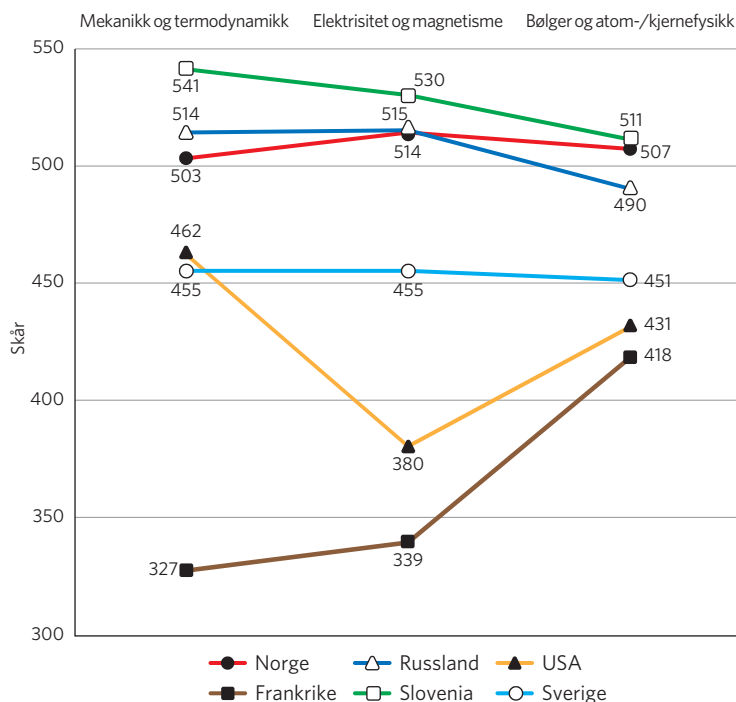
Tabell 3.3 viser inndelingen i fagområder og emner i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Tabell 3.4 og figur 3.3 viser prestasjoner i de ulike fagområdene i ulike land.

Tabell 3.3 Fagområder og emner i TIMSS Advanced 2015 fysikk.

<p>TIMSS Advanced 2015 Mechanics and Thermodynamics Topics</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Newton's Laws: Applying Newton's laws and laws of motion 2) Forces: Forces, including frictional force, acting on a body 3) Body Moving in a Circular Path: Forces acting on a body moving in a circular path; the body's centripetal acceleration, speed, and circling time 4) The Law of Gravitation: The law of gravitation in relation to the movement of celestial objects 5) Kinetic and Potential Energy: Kinetic and potential energy; conservation of mechanical energy 6) Conservation of Momentum: The law of conservation of momentum; elastic and inelastic collisions 7) The First Law of Thermodynamics 8) Heat Transfer: Heat transfer and specific heat capacities 9) Ideal Gases: The law of ideal gases; expansion of solids in relation to temperature change
<p>TIMSS Advanced 2015 Electricity and Magnetism Topics</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Coulomb's Law: Electrostatic attraction or repulsion between isolated charged particles--Coulomb's law 2) Charged Particles in an Electric Field 3) Electrical Circuits: Electrical circuits; Ohm's law and Joule's law 4) Charged Particles in a Magnetic Field 5) Magnetism: Relationship between magnetism and electricity; magnetic fields around electric conductors; electromagnetic induction 6) Faraday's and Lenz's Laws: Faraday's and Lenz's laws of induction
<p>TIMSS Advanced 2015 Wave Phenomena and Atomic/Nuclear Physics Topics</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Mechanical Waves: Mechanical waves; the relationship between speed, frequency, and wavelength 2) Electromagnetic Radiation: Electromagnetic radiation; wavelength and frequency of various types of waves (radio, infrared, visible light, x-rays, gamma rays) 3) Thermal Radiation: Thermal radiation, temperature, and wavelength 4) Reflection, Refraction, Interference, and Diffraction 5) The Atom: The structure of the atom and its nucleus; atomic number and atomic mass; electromagnetic emission and absorption and the behavior of electrons 6) Wave-Particle Duality: Wave-particle duality and the photoelectric effect; types of nuclear reactions and their role in nature and society; radioactive isotopes 7) Mass-Energy Equivalence: Mass-energy equivalence in nuclear reactions and particle transformations

Tabell 3.4 Prestasjoner fordelt på fagområder i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Mekanikk og termodynamikk	514	462	327	541	455	503
Elektrisitet og magnetisme	515	380	339	530	455	514
Bølger og atom-/kjernefysikk	490	431	418	511	451	507

Figur 3.3 Prestasjoner fordelt på fagområder i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

En hovedkonklusjon for Norge når man sammenlikner de ulike fagområdene i fysikk i TIMSS Advanced, er at det er relativt små variasjoner. Vi ser også at det er mer variasjon mellom prestasjonene på ulike områder i noen av de andre landene, spesielt USA og Frankrike. I tabell 3.5 viser vi en oversikt over hvordan deknningen av de ulike emneområdene i landenes læreplaner også varierer en del, mens det er små variasjoner i Norge. Særlig Frankrike skiller seg ut med ujevn dekning i læreplaner og ulike prestasjoner på områder. I USA varierer prestasjonene en del, mens det er liten variasjon i læreplanene.

I den grad det er variasjon i prestasjoner i Norge, viser mekanikk og termodynamikk (varmelære) seg som et relativt svakt område, mens elektrisitet og magnetisme er et relativt sterkt område. Men her må vi merke oss at forskjellene er små.

Dette resultatet med små variasjoner mellom fagområder i fysikk i Norge skiller seg fra resultatene i matematikk i TIMSS Advanced (Grønmo & Hole, 2017). I matematikk skiller algebra seg ut som et spesielt svakt område. Det er da også verdt å merke seg at det at norske elever er svake i algebra, er et gjennomgående

Tabell 3.5 Antall temaer i TIMSS Advanced fysikk som er dekket i landenes læreplaner.

Land	All fysikk (22 temaer)	Mekanikk og termodynamikk (9 temaer)	Elektrisitet og magnetisme (6 temaer)	Bølger og atom-/kjerne- fysikk (7 temaer)
Frankrike	15	5	3	7
Italia	17	4	6	7
Libanon	22	9	6	7
Norge	21	9	6	6
Portugal	19	8	5	6
Russland	20	9	6	5
Slovenia	22	9	6	7
Sverige	22	9	6	7
USA	21	9	6	6

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

trekk i norsk skole, vi måler akkurat den samme typen forskjell i grunnskolen. Algebra er det vi kan kalle et matematisk språk, som danner basisen for å bruke matematikk som et redskap i mange fag og på mange områder. Det bekymringsfulle fra vårt perspektiv er at det nettopp er kunnskaper i algebra elevene trenger i fysikk. Denne problematikken har vi tidligere tatt opp i ulike artikler (Hole, Grønmo & Onstad, 2018; Nilsen, Angell & Grønmo, 2013a), og kapitlene 5 og 6 i denne boka presenterer resultater og drøfter spesielt betydningen av matematikkunnskaper for fysikk.

Matematikk er et viktig redskapsfag i fysikk, særlig på det nivået vi ser på: full fordypning i det siste året i videregående skole. I den første boka om TIMSS Advanced 2015 skrev vi:

Når det gjelder de internasjonale trendene i TIMSS Advanced, er det verdt å merke seg at utviklingen i de fleste landene i prestasjoner og dekningsgrad har mange av de samme trekkene i både fysikk og matematikk. Det understreker nærheten mellom disse to fagene. Matematikk er ikke bare et fag i seg selv, men også et redskapsfag for læring i andre fag, og det er nødvendig i mange yrker og profesjoner. For eksempel er matematikk viktig i fysikk og andre naturfag, i alle typer ingeniørfag, i økonomifag og i IKT. (Grønmo et al., 2016, s. 27)

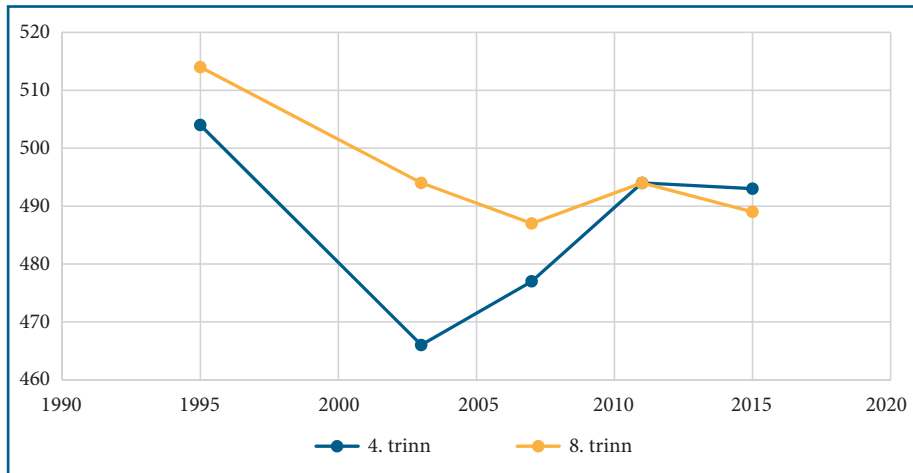
I dette kapitlet har vi konsentrert oss om generelle trekk i utviklingen for Norge. I kapittel 7 i boka presenteres og drøftes flere problemstillinger knyttet til endringen i norske elevers prestasjoner. Vi ser der på hvor godt norsk skole tar vare på elever med interesse og talent for fysikk, blant både jenter og gutter. Der presenterer vi også resultater som viser hvor stor andel av de ulike årskullene som når de ulike kompetansenivåene, slik de er definert i TIMSS Advanced. Det gir ytterligere informasjon om hvor godt landet er til å utdanne personer med høy kompetanse i faget.

3.3 Utdypende resultater i naturfag fra TIMSS på barnetrinn og ungdomstrinn

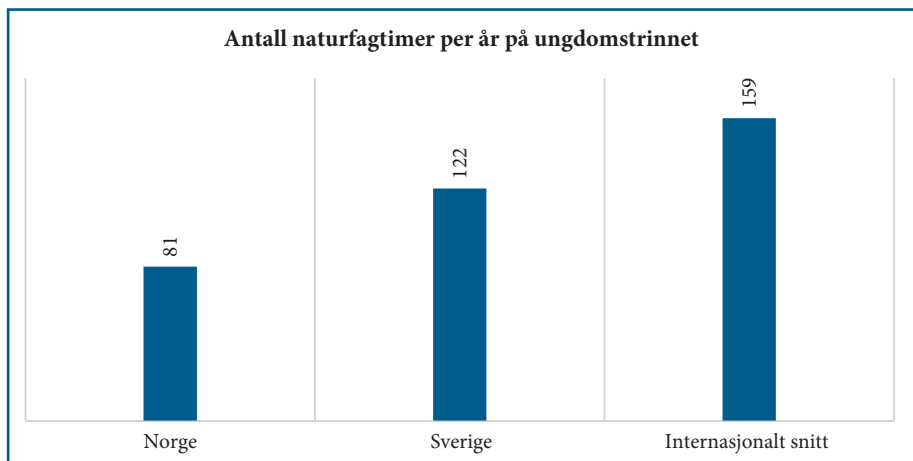
Det er én ting man må være klar over når man ser på resultater i TIMSS for barnetrinn og ungdomstrinn. I TIMSS har Norge gått over fra å undersøke 4. og 8. trinn til å undersøke 5. og 9. trinn. Begrunnelsen for denne endringen er at man ønsket å teste elever i Norge som hadde omtrent samme alder som elevene i de fleste andre landene man sammenliknet seg med, i Norden og i mange andre land. I hovedpresentasjonene for TIMSS er det derfor nå, i motsetning til tidligere i disse studiene (1995, 2003, 2007, 2011), de norske resultatene på 5. trinn og 9. trinn som presenteres. Tidligere var de norske elevene blant de yngste som deltok i studien, nå er de norske elevene blant de eldste.

For å gjøre det mulig å måle trender både bakover og framover i tid, gjorde Norge i TIMSS 2015 en «dobbel jobb» ved å teste elever på både 4. og 5. trinn, og elever på både 8. og 9. trinn. Når det gjelder trender i perioden 1995–2015, har vi solide data for 4. trinn og 8. trinn. Figur 3.4 viser dette for naturfag på begge disse årstrinnene.

Som det framgår av figuren, presterer norske elever svakere i naturfag i 2015 på begge trinn enn det *like gamle elever* gjorde i 1995. (I 1995 var populasjonene ikke definert ut fra klassetrinn, men ut fra alder.) Fordi elevene i de siste studiene har ett år mer på skolen enn det elevene hadde i 1995, gir dette grunn til ettertanke. Den mest markante tilbakegangen i de norske elevenes prestasjoner finner vi for begge trinn fra 1995 til 2003 (Bergem, 2016a; Grønmo, Bergem, Kjærnsli, Lie & Turmo, 2004b).

Figur 3.4 Utviklingen i de norske naturfagprestasjonene fra 1995 til 2015 på 4. trinn og 8. trinn.

Når vi drøfter de norske resultatene i naturfag, er det også interessant å se på antall timer som de norske elevene har i faget. Figur 3.5 viser dette for Norge og Sverige og det internasjonale gjennomsnittet. Både Norge og Sverige ligger klart under det internasjonale snittet, Norge aller lavest. Antall timer elevene får undervisning i et fag, vil naturlig nok ha stor betydning for hvor mye fagkunnskap elevene kan tilegne seg.

Figur 3.5 Antall timer i naturfag per år på ungdomstrinnet, målt i TIMSS 2015 (Bergem, 2016a).

På bakgrunn av dette resultatet er det tankevekkende at naturfagdidaktikeren Sjøberg allerede i 1994 pekte på problemene med få timer i naturfag og på svake faglige krav til lærerne:

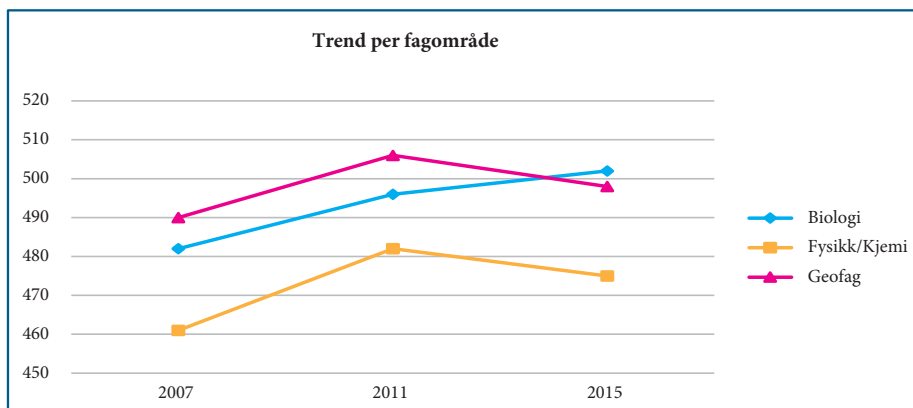
Samtidig viser en UNESCO-rapport at knapt noe land i verden har lavere andel av naturfagtimer på ungdomsskoletrinnet. Teknologi og teknikk som eget fag er totalt fraværende og finnes nesten ikke i undervisningen. En tilleggsfaktor er at de formelle kravene som stilles til lærerne på ungdomsskoletrinnet er lavere enn i andre land. (Sjøberg, 1994)

På tross av den klart negative utviklingen i fysikk og naturfag i Norge fra 1990-tallet til 2015, er det noen positive trekk å legge merke til. På 4. trinn har det vært en framgang for norske elever i naturfag i perioden 2003 til 2011, før utviklingen stopper opp. På 8. trinn finner man ingen positiv utvikling i perioden fra 2003 til 2015 (Bergem, 2016a). I et internasjonalt perspektiv ser det ut til at de norske elevenes prestasjoner i naturfag på både 4. trinn og 8. trinn nå har stabilisert seg på et nivå i underkant av midpunktet 500 på den faste måleskalaen som brukes i studiene, og på et lavere nivå enn like gamle elever i Norge lå på i 1995.

I naturfag har det vært svært stabile prestasjoner gjennom denne sistnevnte perioden, men på et nivå som er betydelig lavere enn i 1995. (Bergem, 2016a, s. 59)

Den klare tilbakegangen hos norske elever i naturfag fra 1995 har også blitt bemerket i de internasjonale publikasjonene fra studiene. «*Countries with the greatest decrease in average achievement between 1995 and 2011 were Sweden (43 points) and Norway (20 points)*» (Martin, Mullis, Foy & Stanco, 2012, s. 34). Her, som på mange områder, ser vi noe av den samme utviklingen i Norge og Sverige.

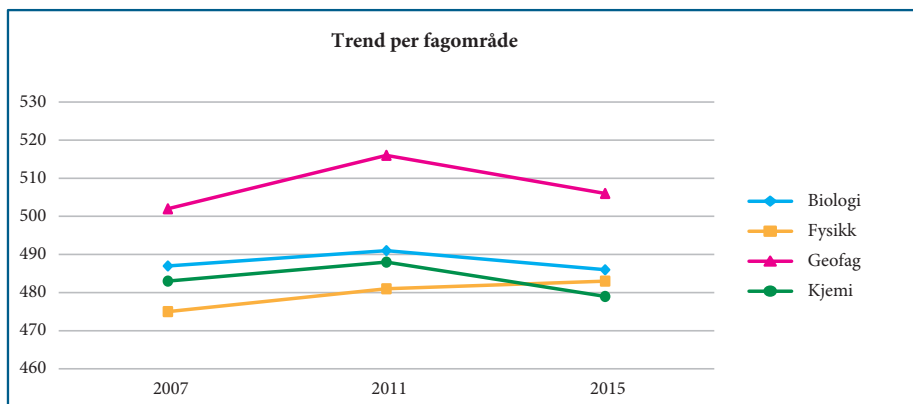
Figur 3.6 viser trendene på de ulike fagområdene i naturfag fra 2007 til 2015 på 4. trinn. I denne figuren starter vi med 2007, da det har vært noe endring i definisjoner av fagområder i forhold til de tidligere gjennomføringene av studien.

Figur 3.6 Trender for fagområder i naturfag for Norge på 4. trinn for perioden 2007–2015.

Som det framgår av figur 3.6, er det et gjennomgående trekk at de norske elevene på barnetrinnet presterer best i geofag, og svakest i fysikk/kjemi. Framgangen i naturfag har også fordelt seg noenlunde jevnt over alle emneområdene (Bergem, 2016a).

Figur 3.7 viser tilsvarende trender fordelt på fagområder for 8. trinn i TIMSS-studien.

Det er et fellestrekk i alle studiene i grunnskolen at norske elever presterer klart bedre i geofag enn det de gjør på andre fagområder i naturfag (se figur 3.7). Figuren viser også at prestasjonene på 8. trinn på de tre fagområdene kjemi, fysikk og biologi er svært like i TIMSS 2015. Men fortsatt er prestasjonene på

Figur 3.7 Trender for fagområder i naturfag for Norge på 8. trinn for perioden 2007–2015.

området geofag bedre, selv om man har målt noe nedgang i geofag fra 2011 til 2015. Resultatet med at norske elever gjør det best i geofag, er konsistent både på trinn og over tid.

På ungdomstrinnet ser vi en endring når det gjelder hvilke områder elevene presterer svakest på. Fortsatt er elevene best i geofag, men i overgangen fra 8. til 9. trinn er det litt bedring i de norske elevenes fysikkresultater. Dette kan være en indikasjon på at man midtveis på ungdomstrinnet begynner å legge litt mer vekt på fysikk i naturfagundervisningen. Men vi har bare én måling som viser dette, så vi er forsiktige med å trekke for bastante konklusjoner.

Det er ingen signifikante kjønnsforskjeller mellom jenters og gutters prestasjoner i naturfag, verken på barnetrinnet eller på ungdomstrinnet. Det var det heller ikke i matematikk. Problematikk knyttet til forskjeller mellom jenters og gutters prestasjoner tas opp spesielt i kapittel 7.

Det er først når vi har flere målinger på ulike trinn, i ulike studier og over tid at vi kan tillate oss å trekke klare konklusjoner (Angell et al., 2019). Björnsson & Olsen (2018) oppsummerer de norske resultatene for grunnskolen basert på analyser av data over 20 år på følgende måte (s. 22):

Jevnt over viser de siste undersøkelsene at de norske prestasjonene i matematikk og naturfag er på eller litt under det internasjonale gjennomsnittet, mens prestasjonene i lesing er signifikant høyere enn det internasjonale gjennomsnittet, både for 4. trinn og 10. trinn.

Dette samsvarer med konklusjoner som også andre har trukket (Grønmo & Hole, 2017): at Norge har en kultur for at språk som norsk og engelsk er viktig, men ikke en tilsvarende kultur for viktigheten av realfag som fysikk og matematikk.

Det er ubetinget bra at den svakere gruppen av elever har blitt løftet, samtidig som det er et problem at man ikke har greid å ta hensyn også til de faglig sterke elevene etter nedgangen fra 1995 til 2003. De presterer fortsatt lavere enn det de gjorde i 1995. Dette gjelder for både naturfag og matematikk. For mer om dette, se Björnsson & Olsen (2018, s. 23), hvor det oppsummeres at framgangen etter 2003 i hovedsak er knyttet til elever nederst i skårfordelingen. Denne generelle kommentaren gjelder ikke for 8. trinn; på dette trinnet er elevenes prestasjoner på samme nivå i 2015 som de var i 2003.

At fag som fysikk og matematikk er der norske elever sliter mest, er tankevekkende når vi kan anta at dette er en type kompetanse som flere elever vil trenge framover (jf. kapittel 4). Det er også tankevekkende at den framgangen man måler fra 2003 til 2015, i hovedsak er et løft for de svakeste elevene. Det er betimelig å stille spørsmålet om norsk skole svikter de flinke elevene (Grønmo, 2014b; Idsøe, 2014; Skogen, 2014; Skogen & Idsøe, 2016). Kapittel 7 tar spesielt opp og drøfter hvor god norsk skole er til å ivareta elever med talent og interesse for fag som naturvitenskap og matematikk, herunder også kjønnsaspektet ved disse fagene.

Det er rimelig å anta at årsakene til noen av de problemene man sliter med i fysikk og matematikk, har sammenheng med prioriteringen mellom fagdidaktikk og pedagogikk i lærerutdanningen (Grønmo & Onstad, 2012a), sammen med et relativt lite tilbud til lærerne om faglig relevant etter- og/eller videreutdanning. Det er ikke enkelt for lærere å gi elevene god undervisning hvis tilbudet de har fått gjennom sin egen grunnutdanning og i etter- og videreutdanning, ikke er tilstrekkelig.

Norsk skole er bygget på allmennlærere med middels lang utdanning. Relativt få norske lærere har en mastergrad (ca. 10 % og 20 % på hhv. barne- og ungdomstrinnet), og relativt få lærere rapporterer at de har utdanning med spesialisering i det faget de underviser i [...]. I stor grad gjenspeiler dette at det norske utdanningssystemet har hegnet om allmennlæreren. (Olsen & Björnsson, 2018, s. 25)

Et ikke like flatterende trekk ved norsk skole er manglende volum og systematikk i den kontinuerlige kompetansehevingen eller etterutdanningen av lærere – i alle fall når det gjelder tiltak rettet mot spesifikke fag. Dette er dokumentert gjennom alle de internasjonale studiene som har inkludert spørreskjemaer til lærerne. I tillegg viser TIMSS-studien at deltakelsen i faglig relevant etterutdanning har sunket betydelig fra 2007 til 2015. (Olsen & Björnsson, 2018, s. 25, vår utheving)

Et positivt trekk ved utviklingen i norsk skole fra 1995 er klare tegn på at det generelle læringsmiljøet i skolene har blitt bedre:

Elevene rapporterer om bedring i læringsmiljøet i perioden. Som et siste moment i denne oppsummeringen av sentrale funn, basert på resultater over de siste 20 årene, velger vi å inkludere at norsk skoleklime og læringsmiljø rapporteres å være til dels betydelig bedre i 2015 enn i tidligere år i undersøkelsene.

(Olsen & Björnsson, 2018, s. 25)

Se også Nilsen & Gustafsson (2014) som utdyper læringsmiljøets betydning. Også flere andre analyser har pekt på betydningen av et godt læringsmiljø for læring. Nilsen, Grønmo & Hole (2013b) oppsummerer at den positive endringen i læringsmiljø på 8. trinn i Norge kan forklare den norske framgangen i både naturfag og matematikk fra TIMSS 2007 til TIMSS 2011.

3.4 Oppsummerende kommentarer

Det er flere vesentlige spørsmål det er rimelig å stille om hvorfor vi i Norge finner denne nedgangen i prestasjoner som illustrasjonene og resultatene fra de internasjonale studiene viser. For tiden framstilles det ofte i media som at «nå går alt så mye bedre» i norsk skole. Det er riktig at det går bedre for norske elever i lesing, men det er ikke riktig for fysikk og matematikk. Den norske rapporten fra TIMSS 2015 i grunnskolen hadde tittelen «Vi kan lykkes i realfag». Vi er enige i at Norge har alle muligheter til å lykkes i realfag. Men det forutsetter, som på alle områder i livet, at vi våger å se i øynene de utfordringene vi har, og at vi er villige til å jobbe systematisk over tid for å bedre situasjonen. Det kommer ikke til å gå av seg selv, det kommer ikke engang til å være særlig lett. Men vi kan snu den negative trenden vi er inne i innen realfag hvis vi vil. Når elevenes prestasjoner i lesing i grunnskolen har bedret seg på alle nivåer vi måler dette på, er det basert på en systematisk innsats over mange år hvor man har prioritert en satsing for å gjøre norske elever til bedre lesere. Det skolen nå trenger, er en tilsvarende sterk og systematisk satsing over tid på de såkalt harde realfagene som fysikk og matematikk.

I illustrasjon 3.3 framstår det som om de norske elevene nå ligger rundt det midlere nivået for TIMSS-studiene i naturvitenskap, både på barnetrinn, på ungdomstrinn og i slutten av videregående skole. I 2003, med PISA-sjokket, var man langt fra fornøyd med å prestere på et middels nivå. I lesing ble

det satt inn en stor innsats og jobbet hardt over lang tid for å forbedre dette. Det samme kan man, hvis man vil, gjøre i realfagene. Man må kunne si at på bakgrunn av de store ressursene Norge bruker på utdanning, er det lite imponerende å være på et midlere nivå. I lesing har man nå greid å få norske resultater klart over det midlere nivået i de internasjonale studiene.

KAPITTEL 4

Et fysikkdidaktisk perspektiv

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

I dette kapitlet presenteres og drøftes tidligere forskning som omhandler fysikkfagets legitimering i skolen, altså spørsmål om *hvorfor* elevene skal lære fysikk. Med det som bakgrunn tar vi opp og diskuterer innholdet i fysikkfaget, *hva* elevene skal lære, for til slutt å ta opp det mer metodiske, spørsmålene om *hvordan* man organiserer og gjennomfører undervisningen. Dette danner en forskningsbasert bakgrunn for de andre kapitlene i boka, selvsagt uten å være en fullgod innføring i fysikkfagets didaktikk. Vi har laget en kortversjon basert på det vi opplevde som et behov under arbeidet med de andre kapitlene i boka. På den måten kan vi henvise til dette kapitlet, i stedet for å gjenta en del som er relevant for flere andre kapitler. For en grundigere innføring i fysikkdidaktikk henviser vi til Angell et al. (2019).

Utgangspunktet for denne boka er norske elevers resultater i fysikk i TIMSS Advanced 2015, det vil si de siste TIMSS Advanced-resultatene vi har om elever som har valgt full faglig fordypning i fysikk i videregående skole. Samtidig som vi retter oppmerksomheten mot videregående skole, er det nødvendig å se på og prøve å forstå situasjonen i grunnskolen. Det elevene lærer eller ikke lærer på barnetrinn og ungdomstrinn, er det rimelig å anta at vil ha betydning for hvor interessant de opplever fysikk, og det kan derfor bidra til å påvirke deres valg i videregående skole. Det de lærer i løpet av grunnskolen, danner også rent faglig et grunnlag for videre læring, og det kan derfor ha betydning for hvor godt de presterer i videregående skole. Vi har derfor en bred innfallsvinkel når vi tar opp de tre spørsmålene om fagets legitimering, fagets innhold og fagets metodiske sider. Kapitlet er utformet på en mer generell måte enn andre kapitler i boka, og presenterer ikke i samme grad resultater fra TIMSS Advanced eller TIMSS. Når det gjelder konkrete resultater fra disse studiene, henviser vi til andre kapitler.

Fagets *hvorfor*, legitimering av faget plass i skolen, tas spesielt opp i delkapittel 4.1. Fagets *hva*, innholdet i det elevene skal lære i fysikk, drøftes i delkapittel 4.2. I delkapittel 4.3 tas fagets *hvordan* opp, det som går på metodiske sider av undervisningen.

4.1 Legitimering av fysikkfaget i skolen

Spørsmålet om hvorfor elevene skal lære fysikk, er viktig, fordi det legger grunnlaget for utforminger og prioriteringer av hva som skal være innholdet, og hvordan det skal undervises i faget. Vi kan ikke ta for gitt at alle uten videre forstår og er enige i at alle i Norge trenger å lære fysikk, selv om mange fysikere kanskje synes svaret er opplagt. Man kan hevde at noen grunnleggende kunnskaper i fysikk er viktig for å forstå den verden vi lever i, det man kan kalle et allmenndannende perspektiv, og at alle elever derfor trenger å lære en del fysikk.

Mange vil svare at det er vesentlig å lære fysikk fordi faget representerer den mest fundamentale av alle naturvitenskapene. Fysikkens ideer og metoder gir grunnlag for studier av alt fra biologiske prosesser og molekylstrukturer til hvordan menneskelig aktivitet kan påvirke atmosfæren. Og mer, fysikk handler om å forstå den verden vi lever i, fra det aller minste, atomkjerner og kvarker, til de store strukturer i universet med galaksehoper og kvasarer. Likeledes er fysikk et viktig fundament for ingeniørfag og moderne teknologi.

(Angell et al., 2016, s. 19)

Man kan argumentere for fysikk i skolen ut fra mange ulike perspektiver. Man kan ta utgangspunkt i et fysikkfaglig perspektiv, i et fysikkmetodisk perspektiv, og man kan begrunne fagets betydning fra et allmenndannende perspektiv.

Fysikk i skolen har altså både et fysikkfaglig og et fysikkmetodisk perspektiv, og faget har et mer allmenndannende perspektiv. Det behøver imidlertid ikke å være så stor motsetning mellom disse perspektivene, fordi fysikkfaget selv er med å danne grunnlaget for allmenndannelse. Vi vil hevde at noen grunnleggende fysikkunnskaper er viktig for å forstå (i alle fall noe av) den verden vi lever i, og det hører utvilsomt med til det vi vil kalle allmenndannelse.

(Lie, Angell & Rohatgi, 2010, s. 139)

Et moderne, høyt utviklet samfunn som det norske er avhengig av at borgerne har en viss naturvitenskapelig kompetanse for å forstå den verden vi lever i, og for at de kan delta i og påvirke debatter som involverer naturfaglige avgjørelser, det vi kan kalle et allmenndannende perspektiv. Norge trenger også at en del av innbyggerne har relativt høy kompetanse på området, slik at vi kan utdanne de ekspertene som landet trenger. For den enkelte elev har det stor betydning at skolen legger det grunnlaget de trenger for at de skal kunne få de utdanninger og yrker de ønsker seg. De siste argumentene har begge et fysikkfaglig perspektiv. Man kan også ta utgangspunkt i det vi kan kalle et fysikkmetodisk perspektiv, hvor man peker på at mange av de *metodene som anvendes i naturvitenskaper som fysikk, er allmenngyldige* og har anvendelse langt utover naturvitenskapene. Metoder som å sette opp hypoteser, samle inn data, teste ut hypotesene ved å analysere dataene og deretter trekke konklusjoner, var ofte utviklet innen ulike naturvitenskaper, mens de i dag er aksepterte metoder med langt større rekkevidde, for eksempel innen ulike samfunnsvitenskaper og innen økonomi. Delkapittel 4.3 tar spesielt opp metodiske spørsmål knyttet til fysikk i skolen.

Vi vil drøfte det vi kan kalle et *allmenndannende perspektiv*, det alle elever trenger å lære, satt opp mot det vi kan kalle et mer *studieforberedende perspektiv* som i større grad har betydning for en del av elevene. Fysikkfaglige og fysikkmetodiske perspektiver, slik det nevnes i sitatet over, inngår som viktige sider i begge disse perspektivene. I hvilken grad det er en motsetning mellom det allmenndannende perspektivet og det studieforberedende perspektivet, står sentralt når det gjelder spørsmålet om *hva som skal prioriteres av faglig innhold* i skolens undervisning. Som sitatet gjengitt over sier, behøver det ikke å være noen stor motsetning mellom ulike perspektiver. I teorien er det lett å si seg enig i dette, men det ser ut til at det ikke alltid har vært like lett å få det til i praksis. Overslag i den ene eller andre retningen vil sannsynligvis føre til problemer, og da vil ikke alle få den undervisningen de har krav på etter læreplaner og lovverk (Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa (opplæringslova), 2016). Dette tas opp og drøftes mer i delkapittel 4.2, om hva som skal være innholdet i skolens fysikkundervisning.

Fysikk i grunnskolen inngår som en del av faget naturfag, det samme gjelder første året i videregående skole. Man ønsker et integrert naturfag som appellerer til mange elever, for på den måten å heve den generelle naturvitenskapelige kompetansen i befolkningen. Samtidig skal dette integrerte naturfaget

bidra til å motivere elever til å velge fordypning i fysikk de siste to årene på videregående skole. En forutsetning for det er at man på en god måte greier å forene det mer allmenndannende perspektivet med behovet for tilrettelegging for videre studier i faget. Dette er det en stor utfordring å få til i praksis.

Når det gjelder TIMSS-resultater for naturfag i grunnskolen, er det resultatene fra gjennomføringen i 2011 som er relevante for årskullet som ble testet i TIMSS Advanced 2015. I 2011 deltok Norge med 8. trinn i TIMSS, og disse elevene var i 2015 på 12. trinn. De representerer altså nesten det *samme årskullet elever* som ble testet i TIMSS Advanced 2015. Det er et gjennomgående trekk at norske elever i grunnskolen presterer best i geofag, og svakest i fysikk/kjemi. Disse resultatene indikerer en lav prioritering av fysikk sammenliknet med andre komponenter av naturfaget i Norge. Det eneste unntaket fra dette finner vi på 9. trinn i TIMSS 2015, hvor Norge gikk over til å bruke 5. og 9. trinn mot tidligere 4. og 8. trinn i studiene i grunnskolen (for mer om dette, se kapittel 3). Fortsatt presterer norske elever best i geofag, men det er noe bedring i elevenes fysikkresultater sammenliknet med de andre emneområdene biologi og kjemi. Om dette gir grunnlag for optimisme når det gjelder fysikkelevne i videregående skole, gjenstår å se ved neste gjennomføring av TIMSS Advanced. En grunn til å dempe optimismen noe ligger i den generelt lave prioriteringen av naturfag i Norge på ungdomstrinnet som også kommer til uttrykk i TIMSS 2015. Mens det internasjonale snittet for antall timer naturfagundervisning per år i denne studien ble målt til å være 159, er det norske tallet 81. De norske elevene har altså kun omtrent halvparten så mye undervisning i naturfag som det internasjonale gjennomsnittet.

Elever er forskjellige, og noen vil få økt motivasjon både for å lære faget og for å velge det senere hvis faget blir mer fokusert på sentrale naturvitenskapelige begreper og prosesser. Andre elever vil slite mer og kan miste noe av motivasjonen hvis faget oppleves som for krevende. I grunnskolen kan det synes som om naturfaget generelt og fysikkdelen i faget spesielt, i stor grad har tilpasset innholdet til *hva alle elever kan lære*. Den store vekten på hva alle kan lære, kan man si har gjennomsyret norsk skole over lang tid, ikke bare i fag som fysikk og naturfag. Enhetsskolen står sterkt i den norske tradisjonen. Dette har hatt positive sider, ikke minst i grunnskolen, blant annet ved at man tar godt vare på de elevene som sliter faglig. Men vi må samtidig våge å ta inn over oss de problemene som avdekkes i analyser av resultatene fra TIMSS Advanced og TIMSS. Det gjelder både resultater som viser hvilke fag og områder

norske elever presterer godt og dårlig i, og resultater som viser utviklingen over tid. For mer om dette, se kapittel 3. Det kan synes som om man i norsk grunnskole har lagt relativt liten vekt på hva en del elever vil trenge av faglige kunnskaper for videre studier og yrker, det man kan kalle et studieforberedende perspektiv. For mer om skolens ansvar for å ivareta elever med talent og interesse for fysikk, henviser vi til kapittel 7.

Ulikhet i intellektuelt utgangspunkt og ulike måter å tilegne seg kunnskap på kan man se på som en styrke for samfunnet. Det betyr ikke at vi ikke skal, eller kan, ivareta alle på en god måte i skolen. De fagene i skolen som det er rimelig å anta at har lidd mest ved en noe ensidig vekt på hva alle kan antas å være interessert i og ha forutsetninger for å lære, er nok de såkalte harde realfagene fysikk og matematikk (Sjøberg, 2009). Vi lever i et samfunn i rask utvikling hvor en stadig større del av befolkningen vil trenge mer kunnskaper innen naturvitenskap, ikke minst i faget fysikk (Sjøberg, 2009). Tidligere kunne man hevde at det bare var et lite mindretall av elevene som ville trenge en god faglig basis i fysikk; i dag er det flere fagutdanninger, ikke bare akademiske utdanninger, som har behov for at et slikt faglig grunnlag legges i grunnskolen.

Dette peker i en ny retning ved at fysikk ble plassert som et kulturfag som almenndannende og samfunnsrelevant. Introduksjonen til læreplanen beskriver da også helt konkret at fysikkfaget retter seg mot tre grupper elever: elever som vil ha fysikk som en del av sin allmennutdanning, elever som vil studere fysikk videre, og elever som trenger fysikk som grunnlag for studier innen andre fagområder. (Angell et al., 2019, s. 97)

Vi kan alle glede oss over at vi har hatt en framgang etter tusenårsskiftet for de elevene som sliter faglig, men når det gjelder elever i grunnskolen med talent for realfag, *ser man ingen bedring*. Det er bekymringsfullt, og det bryter med prinsippene om at alle elever har rett til tilpasset opplæring slik det er nedfelt i læreplaner og opplæringslov (Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa (opplæringslova), 2016, § 1-3). For mer om dette, se kapittel 3 som tar for seg hovedresultater over 20 år. Det er flere faktorer som indikerer at man i norsk grunnskole ikke har ivaretatt det studieforberedende perspektivet på en god nok måte i grunnskolen, med de konsekvenser det kan ha.

4.2 Innholdet i fysikkfaget i skolen

I naturfag har det i Norge de siste tiårene vært mer diskusjon om *hvilke typer aktiviteter* som på en best mulig måte kan bidra til å styrke elevenes kunnskaper og interesse for naturvitenskap, enn det har vært om *hvilket naturfaglig innhold* som skal vektlegges. Det sentrale har ofte vært at faget skal oppleves som like relevant for alle elever. Hensynet til å tilrettelegge faget for de som skal fortsette med faget utover det som er obligatorisk, synes å ha blitt nedtonet. Utfordringen i dag er hvordan grunnskolen i valg av lærestoff kan ta hensyn til det som er relevant for alle, og som alle trenger å lære, samtidig som man tilrettelegger for de som trenger et bedre faglig grunnlag for videre studier og yrker.

En annen utfordring i skolen er hvilken kompetanse lærerne har i fysikk. Helt tilbake til Naturfagutredningen fra 1994 har det blitt pekt på at mange av lærerne som underviser i naturfag i grunnskolen, mangler formelle kvalifikasjoner og faktiske kunnskaper i faget, og særlig i fysikk (Sjøberg, 2009), og det er liten grunn til å tro at situasjonen er bedre i dag enn den var på midten av 1990-tallet. Situasjonen ser heller ut til å forverre seg. Dette kan ha betydning for rekrutteringen av elever til fysikkfaget i videregående skole. Elevenes valg i videregående skole vil naturlig nok være avhengig av hvilke fag de har opplevd som interessante i grunnskolen, og lærernes muligheter til å gi god faglig undervisning avhenger igjen av deres faglige kompetanse i faget.

Fagdidaktikeren Svein Sjøberg har argument for at man i Norge trenger flere timer i naturfag hvis målet er at norske elever skal prestere bedre (Sjøberg, 2009). Flatås (2015) argumenterer på den annen side for at innholdet i naturfag er viktigere enn timetallet:

I årets ferske forslag til statsbudsjett vil regjeringen øke timetallet til naturfag der elevene på 5.-7. trinn skal få en time mer naturfag i uken. Dette kan sees i sammenheng med regjeringens realfagsstrategi der målet er at barn og unges kompetanse i realfag skal bli bedre, færre skal prestere på lavt nivå og flere skal prestere på høyt nivå. Man kan her spørre seg om det er slik at bare flere timer automatisk fører til bedre resultater? Er ikke det faglige innholdet alltid det viktigste ved siden av å gi elevene selvtillit og tro på egne evner gjennom det praktisk-nære? (s. 2, vår utheving)

Hvor mange timer elevene har i naturfag, sier noe om hvor viktig denne typen kunnskap vurderes av skolemyndighetene, og kan ha betydning for hvor mye

elevene lærer i faget. Likevel er vi enige i at noe av det viktigste å diskutere er innholdet i faget. At det har vært en økning i timetallet for naturfag i grunnskolen, er ikke nok. Mange fysikkdidaktikere hevder at det ikke er uten grunn at faget oppfattes som vanskelig for elevene. Det gjelder faget både i grunnskolen og i videregående skole.

Skolefysikken betraktes også som et vanskelig og krevende fag. Og med rette: Grunnleggende begreper som akselerasjon, kraft, spenning, felt o.l. er vanskelige. Det er også krevende å forstå den matematiske beskrivelsen av fysiske fenomener. Selv enkle matematiske ligninger, f.eks. Newtons 2. lov på formen $F = ma$, er vanskelig fordi begrepene den omhandler er så abstrakte. At kraften er proporsjonal med akselerasjonen, og ikke farten, er nærmest kontraintuitivt. Verden, eller «virkeligheten» oppfører seg tilsynelatende «ikke-Newtonsk». (Angell, Henriksen & Isnes, 2003, s. 4; se også Angell, 1996)

Samtidig kan det hevdes at man ved å tilegne seg kunnskaper i fysikk får muligheter til bedre å forstå den kompliserte verden vi lever i. Det er *virkeligheten som i seg selv er komplisert*, ikke først og fremst fysikken, som prøver å lage forenklede modeller for å hjelpe oss å forstå virkeligheten.

Fysikkfaget i den videregående skolen blir kritisert for at faget har for liten tilknytning til virkeligheten og dagliglivet. På den ene siden er det lett å slutte seg til en slik kritikk. Studier av klossers bevegelse på skråplan, kastebevegelser i lufttomt rom, idealgassers egenskaper, atomkjernens oppbygning osv. kan synes langt fra elevenes dagligdagse erfaringsområde. På den annen side er det et poeng at skolefysikken ikke bare skal handle om dagliglivet og det umiddelbart observerbare. Fysikk dreier seg også om å utvikle modeller av virkeligheten. For å forstå grunnleggende lovmessigheter i naturen er det nødvendig å utvikle forenklede modeller, og da er det ikke alltid at utgangspunktet kan være elevenes umiddelbare erfaringsverden. Med andre ord; for å forstå noe av fysikkens egenart, dens lover, begreper og teorier, må elevene også forholde seg til abstrakte begreper som kan synes fjerne fra deres «virkelighet». (Angell et al., 2003, s. 4, vår utheving)

Det er ganske vanlig å understreke at fag som fysikk (og matematikk) er vanskelige fag. Vi er ikke uenige i at det kreves både innsats og arbeid for å

beherske disse fagene, men samtidig er det viktig å peke på at hvis man er villig til å gjøre den innsatsen som trengs for å tilegne seg denne typen kunnskap, vil det kunne være til stor hjelp å *forenkle virkeligheten*. Det er den virkeligheten vi lever i, som er komplisert; fysikk (og matematikk) er hjelpemidler for å skape en viss orden og oversikt gjennom utvikling og bruk av forenklete modeller.

Fysikk inngår i dag som en del av naturfaget i det første året i videregående skole, og er eget valgfritt fag på 2. og 3. trinn. Faget er ment å være både allmenndannende og studieforberedende. Fysikkfaget i videregående skole har jevnlig gjennomgått revisjoner. Sputnik-sjokket på slutten av 1950-tallet påvirket læreplanene i hele den vestlige verden i retning av å vektlegge faglige og vitenskapelige perspektiver. I Norge ble det i 1976 gjennomført en omfattende reform av videregående skole som gjaldt både fagplaner og organisering. Det linjedelte gymnaset ble på en måte opprettholdt, men det ble i større grad mulig å velge fagkombinasjoner. Samtidig som man fikk det noen kaller en utdanningseksplisjon, med en større andel av elevene som søker til videregående skole, ble faget mer vitenskapelig rettet (for mer om dette, se Angell, Lie & Rohatgi, 2011).

I perioden fra planen av 1976 fram til starten av 1980-tallet hadde fysikk en sterk posisjon (Angell et al., 2016). Denne posisjonen ble timetallsmessig videreført i den nye strukturen man fikk for videregående skole i 1983/85 (jf. kapittel 2), ved at det var avsatt to timer mer til fysikk enn til biologi og kjemi i 2. klasse. Samtidig var det, akkurat som i planen fra 1976, mulig å velge naturfaglig studieretning uten å velge fysikk (jf. kapittel 2). Læreplanrevisjonen i fysikk i 1983/85 innebar en dyptgripende retningsendring (for mer om dette, se kapittel 2). Kvantefysikk, elementærpartikkelfysikk og astrofysikk kom inn som emner eller fikk økt vektlegging, mens termofysikk, optikk og statikk ble redusert eller tatt ut (Olsen, 2004). Det ble lagt vekt på at 2FY (kurset for 2. klasse) skulle være mer kvalitativt orientert, mens 3FY (kurset for 3. klasse) skulle legge større vekt på matematisk behandling og på den måten fungere mer som et studieforberedende kurs (Olsen, 2004).

Vektleggingen av fysikk som et vitenskapelig fag ble også videreført i læreplanene av 1983/85, med noen justeringer på slutten av 1980-tallet. Samtidig fikk man et fag med et sterkere fokus på ytre perspektiver, som en samfunnsmessig kontekst og en historisk-filosofisk dimensjon (jf. kapittel 2). Det første målet i planen pekte på fysikk som en viktig del av vår kultur, en dreining hvor et allmenndannende og samfunnsrettet aspekt ble vektlagt mer

enn i tidligere planer. Denne vinklingen har blitt videreført og forsterket i senere revisjoner av fysikkplanen (se kapittel 2). Den norske fysikkplanen har altså beveget seg lenger i retning av å vektlegge metaperspektiver, noe som har gjort at dagens plan harmonerer dårligere med det faglige rammeverket i TIMSS Advanced enn den planen som gjaldt for kullet som ble testet i TIMSS Advanced 1995. Fra 2006 ble fysikkplanen, i likhet med planene for øvrige skolefag, formulert som en kompetansebasert plan (jf. kapittel 2).

Enighet om at fysikk er et fag som mange elever (av god grunn) vil oppleve som utfordrende, betyr ikke automatisk at man skal legge lite vekt på det i grunnskolen. Det finnes grunner for å hevde det motsatte standpunkt. Nettopp det at faget er utfordrende og krever forståelse for abstrakte begreper og sammenhenger, kan brukes som en begrunnelse for at elevene bør starte tidlig med dette, slik at den faglige innsikten kan modnes over tid. Man kan hevde at barn generelt er mer åpne for å lære visse ting når de er yngre. Å lære seg å lese og skrive er også en utfordring som krever evne til abstraksjon og innsats og vilje til hardt arbeid. Vi starter ofte tidlig med det, fordi det er så viktig at alle i samfunnet lærer det.

En sentral diskusjon når det gjelder hva som skal være innholdet i fysikk i skolen, er forholdet mellom kvalitative og kvantitative aspekter i faget.

Fysikkfaget i skolen krever således en balanse mellom kvalitative og kvantitative tilnærminger, mellom klassisk og moderne fysikk og mellom etablert kunnskap i fysikk og den delen av fysikken som er under utvikling og som vil kunne få betydning for faget og samfunnet i framtiden. (Angell et al., 2016, s. 23)

Det kvantitative aspektet involverer bruk av matematikk, det er et viktig redskapsfag som elevene trenger i fysikk. I norsk skole har dette vært lite framhevet eller aktuelt å vektlegge i grunnskolen. Men også i videregående skole har den økte vektleggingen av kvalitative sider av fysikk vist seg å være en utfordring som man trenger å diskutere. I dag er fysikk som programfag i det andre året i videregående skole (Fysikk 1) et muntlig fag, uten noen skriftlig eksamen. Dette har bidratt til at det kvantitative aspektet av fysikkfaget har blitt nedtonet.

Hvilken rolle matematikken skal ha i fysikk er en viktig diskusjon. Fysikken baserer seg i stor grad på matematikk, men fysikere i dag løser i liten grad likninger for hånd. Fysikkelever behøver matematiske ferdigheter, men hvis

disse begrenses til manipulering av likninger som kan løses for hånd, får de for det første lite innsikt i de verktøy som brukes i fysikk i dag, og for det andre vil oppgaver de kan arbeide med, være begrenset til forenklete og idealiserte situasjoner, typisk uten friksjon og luftmotstand. Man kan hevde at dette gir dem bedre innsikt i fysikken, men få elever vil få noen dypere forståelse for Newtons lover kun ved å regne ut en ukjent størrelse når de to andre er kjent. På den annen side vil det matematiske fort være fremmedgjørende dersom elevene ikke har noen som helst erfaring i å manipulere matematiske sammenhenger på egen hånd. (Angell et al., 2016, s. 23)

Som fysikdidaktikerne i sitatet påpeker, baserer fysikk seg i stor grad på matematikk. I denne sammenheng er det relevant å diskutere den «frakoblingen» mellom fysikk og matematikk i videregående skole som har foregått i Norge i løpet av de siste tiårene. I den reviderte utgaven av boka *Fysikdidaktikk* fra 2019 skriver Angell et al.:

Fysikkens modeller er stort sett uttrykt i matematisk «språk», der matematiske ligninger uttrykker sammenhenger mellom fysiske, observerbare størrelser. Vi kan altså si at fysikk i stor grad handler om å lage (matematiske) modeller av virkeligheten. Disse modellene relaterer seg til to ulike «rasjonaliteter» (Greca & Moreira, 2002); på den ene siden matematikkens strengt deduktive, aksiomatiske system, og på den andre siden den empiriske verden av fysiske fenomener. Gaute Einevoll (2005, s. 9) skriver:

Naturlovene er skrevet i matematikk. Ikke fordi fysikerne har valgt det, men fordi vi har observert at naturen følger slike regler. Naturens språk er matematisk, og fysikkens hovedprosjekt har vært å finne de matematiske reglene som naturen følger.

Et syn på naturvitenskap som modeller finner støtte hos flere filosofer som har beskjeftiget seg med kunnskapens natur. Følger vi Immanuel Kants syn at kunnskap om den fysiske verden aldri kan være identisk med verden (eller fenomenet) i seg selv, vil all naturvitenskapelig kunnskap (og mye annen kunnskap!) kunne anses som modeller. Et beslektet perspektiv framheves av vitenskapsfilosofen Popper, som poengterer at vitenskapelig kunnskap aldri kan bevises endelig, men alltid vil være tentativ. (Angell et al., 2019, s. 31–32)

Som nevnt i kapittel 2 har forholdet mellom kvalitative og kvantitative aspekter, mellom metaperspektiver og konkret fysikk, vært et sentralt perspektiv i utviklingen av læreplaner i fysikk og naturfag i Norge gjennom de siste årtiene. De store utfordringene samfunnet står overfor, ikke minst når det gjelder miljø og økonomi, bidrar til å aktualisere behovet for en debatt om hvorfor elevene skal lære fysikk, og ikke minst hva som skal være innholdet i naturfag generelt, og fysikk spesielt. Som poengtert i innledningen til Angell et al. (2019) er det av hensyn til videre studier og utdanningsløp som involverer fysikk, viktig at skolens fysikkfag må gi elevene solid oversikt over fysikkens fundamentale begreper og sammenhenger, og solide ferdigheter i å bruke matematikk i fysikk. På den annen side, som det også poengteres i samme innledning, kan man argumentere for at en del av de mer avanserte delene av moderne fysikk også bør inkluderes i skolefysikken, fordi dette kan virke inspirerende og motivere elever til å velge utdanningsløp med fysikk videre. Eksempler på denne typen stoff i dagens norske fysikkplaner for videregående skole er *sammenfiltrede fotoner* og *generell relativitetsteori* (se kapittel 2). Slikt avansert stoff må på videregående skoles nivå selvsagt beskrives kvalitativt, og man beveger seg i retning av en populærvitenskapelig framstilling av fysikk. Hvorvidt denne typen stoff gir et realistisk bilde av den typen fysikk som elever flest vil komme borti dersom de velger et videre utdanningsløp innen realfag, er diskutabelt. Et annet spørsmål er om denne typen stoff, som helt udiskutabelt har et stort motivasjonspotensial, hører hjemme i videregående skoles *spesialistkurs* i fysikk. Elever finner i dag informasjon om slikt fagstoff på mange ulike arenaer, også utenfor skolen og grunnskolens naturfag. Det er i denne sammenheng også relevant å påpeke at den norske dekningsgraden i Fysikk 2 (andelen av årskullet som tar faget) har gått ned siden 1995 (se kapittel 2). Utdanningsdirektoratets Realfagsbarometer for 2019 (Utdanningsdirektoratet, 2019a) bekrefter at trenden med lavere dekningsgrad fortsetter. Dreiningen i retning av mer «motiverende» avansert stoff i de norske fysikkplanene siden 1995 har altså ikke ført til at flere norske elever velger fysikk i videregående skole.

Det er også rimelig å anta at naturvitenskapelig kunnskap utover det den enkelte trenger i dagliglivet, vil få en økende betydning for en stadig større del av befolkningen. Det gjelder for eksempel i spørsmålet om å få en jobb, og ikke minst hvilken type jobb man får muligheter til. Langt flere yrker vil være basert på at elevene har grunnleggende kunnskaper i naturvitenskap som fysikk, utover det de trenger i sitt dagligliv. Samfunnet vil være avhengig av at en tilstrekkelig

stor andel av befolkningen har slik kompetanse. Tiden synes å være moden for en mer åpen debatt om hva som skal være *innholdet i naturfag*, fra barneskole til ungdomsskole og videregående skole. Dette for å møte både den enkeltes og samfunnets framtidige behov.

4.3 Undervisning i fysikk i skolen

Hvordan undervisningen legges opp og gjennomføres i skolen, hvilke metoder som brukes, er et spørsmål med stor betydning for elevenes læring. Det tar opp det metodiske aspektet for fysikk i skolen. I motsetning til spørsmålet om hva som skal læres, dreier det seg om den mer prosessuelle siden av faget. Noen lands læreplaner gir klare retningslinjer for hvilke metoder som bør brukes, mens dette i andre land er mer opp til den enkelte skole eller lærer. Dette varierer også over tid i de ulike landene.

Da man i 1960-årene satte i gang store prosjekter for fornyelse av naturfagundervisningen i vestlige land (etter «Sputnik-sjokket» rundt 1960), søkte man først å tenke igjennom den begrepsmessige siden ved naturfaget. Ledende naturvitere engasjerte seg i «curriculum development», og en rekke nye læreplaner og lærebøker ble laget. Millioner av dollar ble satset på denne utviklingen. Mye av kritikken gikk på at skolens naturfag slett ikke presenterte naturfagenes begrepsmessige struktur på noen god måte. Fagekspertisen fant at skolens naturfag ofte var en opphoping av begreper, lover og teorier uten noen klargjøring av hva som var viktig og hva som var uviktig. De nye prosjektene søkte å forenkle dette, de la vekten på de fundamentale teoriene som bærebjelker i den naturvitenskapelige virkelighetsforståelsen.

(Sjøberg, 2009, s. 185)

Sjøberg påpeker at disse prosjektene i stor grad var svært fagorienterte og myntet på de mer skoleflinke elevene, noe som kanskje ikke var så merkelig, da det i motsetning til i dag bare var en mindre andel av ungdomskullene som gikk på skolen etter 16-årsalderen. Så kom det en reaksjon mot den store vektleggingen av hva som skulle læres, og naturfaget som prosess ble en drivende kraft i utviklingen av nye læreplaner. «*Poenget ble at man ikke skulle huske svar, men lære å finne svar selv, gjerne på spørsmål som man selv*

formulerte. Denne tankegangen dominerte i en rekke store satsinger på ny og bedre naturfagundervisning» (Sjøberg, 2009, s. 185).

Denne endringen i hva som ble vektlagt, gikk noen ganger så langt at det hele ble en prosess mer eller mindre løsrevet fra det konkrete innholdet i hva som skulle læres. Man har flere ganger fått så store pendelsvingninger i hva som vektlegges, enten mot det faglige innholdet eller mot metodene, at det fører til problemer. I tråd med den måten vi har strukturert innholdet i dette kapitlet på, gjør vi oss til talsmenn for at man først diskuterer hvorfor noe skal læres, legitimeringen av faget, så drøfter nøye hvilket faglig innhold elevene skal lære og trenger videre i livet, for så å ende med å vurdere ulike metodiske innfallsvinkler til læringen. På det siste punktet har det flere ganger vært en tendens til at én måte å undervise på har blitt framhevet som den eneste rette måten å gjøre det på, men:

Det å være lærer er et kontinuerlig utviklingsprosjekt, fordi metoden med stor M og i bestemt form, finnes ikke. Lærere, elever og rammebetingelser er så forskjellige at det ikke lar seg gjøre å peke ut noen universell metode. Men lærere bør hele tiden være på jakt etter gode metoder som kan skape motivasjon og gode læringsmiljøer. (Isnes, 2019, s. 15)

De siste tiårene har flere av læreplanene i Norge ikke bare omhandlet hva elevene skal lære, men også inneholdt mye om metoder for hvordan undervisningen skal gjennomføres. Det gjelder særlig læreplanene fram til Kvalitetsreformen i 2006. På 1980–90-tallet var det mye vekt på prosjektorientert undervisning i Norge, som i de andre nordiske landene. Ikke minst var dette framme som en viktig måte å lære elevene naturfag på, noe som kan ha sammenheng med at man i Norge, både i grunnskolen og i det første året på videregående skole, har det som kalles integrert naturfag, hvor fysikk inngår som en del. Det betyr at biologi, kjemi og fysikk er et felles fag, vanligvis med samme lærer, i alle fall i grunnskolen. Mange lærere, både i grunnskole og i starten av videregående skole, hadde lite utdanning i fysikk, det var vanligere at de hadde fordypning i biologi eller eventuelt i kjemi. Et felles naturfag har nok ført til at fysikk er det faget som det har blitt undervist minst i. I det første året på videregående skole er dette fastsatt i læreplanene, der det spesifiseres at det felles naturfaget skal inneholde dobbelt så mye biologi og dobbelt så mye kjemi som fysikk (KD, 2006).

Samarbeid mellom fag og prosjektundervisning som metode kan være positivt på flere måter. Men det kan være problematisk hvis det blir én (eller noen få) metode(r) som det legges *overdreven vekt* på. Faglig innhold basert på legitimeringen av faget er et naturlig utgangspunkt for drøfting og valg av metoder, samtidig som *variasjon* i metoder er en ledestjerne, da vi vet at ulike elever har ulike måter de lærer best på.

Danske skoleforskere var noen av de mest toneangivende for at Norge gjennom læreplaner og undervisning la så stor vekt på prosjektundervisning fram til 2006. De gjorde seg til talsmenn for at mer eller mindre all undervisning skulle organiseres som prosjekter (Berthelsen, Illeris & Poulsen, 1987). Det interessante er at noen av de ansvarlige for dette i ettertid har bedt om unnskyldning og sagt at de tok feil:

For tredive år siden, i slutningen af 70'erne, kastede jeg og to andre pædagogiske forskere os ud i et næsten revolutionært projekt: at skrive den første store håndbog i tværfagligt, problemorienteret projektarbejde i folkeskolen. Den blev færdig, udsolgt, revideret og genudgivet, oversat og udgivet i Sverige og Norge, genimporteret, forkortet og udgivet igen på nyt forlag i Danmark. Mange andre lignende bøger fulgte efter. Succesen var total, og i dag tredive år senere er projektpædagogik nærmest blevet til en kongelig rekommanderet forpligtelse overalt i det danske uddannelsessystem, ikke mindst i folkeskolen.

[...]

Men i dag står jeg – nu ikke som forsker, men som pædagogisk konsulent – i de samme klasseværelser og kan se de katastrofale omkostninger, som den ensidige begejstring for «tværfaglighed og projektarbejde» har medført: Lærerne ved ikke, hvordan elever og kursister kan tilegne sig fundamentale, faglige basiskundskaber på en sådan måde, at de er præsentable og brugbare! Vi har nemlig fortrængt hukommelsens betydning for læring. Vi har smadret Den Sorte Skole og smidt barnet ud med badevandet og triumferet bagefter. Det er en katastrofe. Når det kunne komme så vidt, så skyldes det, at vi, der indførte projektpædagogikken, selv havde gået i en skole, hvor vi havde fået kundskaber. Dem tog vi for givet, fordi vi selv havde gået i den. Men vores hadefulde opgør med den vidensorienterede skole var så succesrig, at den i dag er fuldstændig udraderet. Det betyder, at den tværfaglighed, problem-

orientering og prosjektarbejde, som børn og unge i dag udsættes for, hviler på et ekstremt skrøbeligt grundlag af manglende fagkundskaber og tilfældige informationer fra internettet. (Poulsen, 2010)

Det er interessant at forskerne som sto i spissen for innføringen av prosjektarbeid i skolene i Norden, tok det for gitt at elevene hadde *de grunnleggende kunnskapene de trengte*. Som de sier: Vi hadde disse kunnskapene selv og tok for gitt at det hadde også elevene som kom etter oss, så vi konsentrerte oss bare om metoden prosjektarbeid. Men kunnskaper for den oppvoksende slekt kan aldri tas for gitt. Mange lærere hadde dessuten liten erfaring med eller kunnskap om prosjektarbeid.

Læreplanen av 2006 (KD, 2006), som omfattet grunnskolen, videregående skole og voksenopplæringen, førte til mange endringer av skolens innhold, organisering og struktur. Det ble for eksempel, i motsetning til i tidligere planer fra 1997 (KUF, 1996), framhevet at det skulle være metodefrihet. I læreplanen fra 1997 ble lærerne pålagt å ha en viss andel som prosjektundervisning. Man kan med en viss rett si at det var den store vektleggingen av metoder løst fra faglig innhold som gjennomsyret norske læreplaner i tiden fram mot 2006.

Med ny læreplan i 2006 ble læringsmålene tydeliggjort, og det ble understreket av utdanningsministeren da den nye læreplanen ble presentert, at «*Den nye planen gir skolene mer handlefrihet og lærerne mer metodefrihet*» (Clemet, 2005). Det er ikke unaturlig at trender skifter over tid, det gjelder metoder så vel som innhold. Det som framstår som bekymringsfullt, er at det gjentatte ganger er én (eller noen få) måte(r) å undervise på som framheves som svaret på utfordringene med å lære elevene fag. Det er også problematisk at lærerne i stor grad forventes å følge slike skiftende trender med ganske ensidig vekt på én eller få typer metoder i undervisningen. I undervisning, som så mange andre steder i samfunnet, er *variasjon i metoder* viktig.

NCTM-rapporten fra 2014 (National Council of Teachers of Mathematics, den amerikanske matematikklærerforeningen) framhevet nettopp behovet for å implementere et bredt spekter av grep og praksiser i undervisningen i matematikk (NCTM, 2014), da man må være klar over at ulike elever kan lære best med ulike metoder. Det samme kan man anta gjelder i andre fag, som for eksempel i fysikk. Det er viktigere med variasjon og balanse mellom ulike metoder, enn å lete etter den ene rette metoden. Det som er positivt, er å utvide lærernes repertoar når det gjelder metoder, ikke å ensrette hvilke metoder som brukes.

Tidligere rapporter fra internasjonale studier som TIMSS og TIMSS Advanced har indikert at én ting som kjennetegner undervisningen i norsk skole, er ensidighet i bruk av metoder (Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010a; Grønmo & Onstad, 2009). Land som presterer bedre enn oss, har i større grad sett ut til å bruke mer varierte metoder. I TIMSS og TIMSS Advanced har både elever og lærere fått spørsmål om arbeidsmåter i undervisningen. I gjennomføringen av TIMSS Advanced i 2015 var imidlertid en del av disse spørsmålene dessverre tatt ut, så vi har ikke så god informasjon om utviklingen her som vi hadde fram til 2008/2011.

Analyser av resultater fra tidligere internasjonale studier har også sammenliknet land når det gjelder bruk av elektroniske hjelpemidler som kalkulatorer. Det interessante er at i flere studier er det land som i liten grad anvender slike elektroniske hjelpemidler som presterer best, ikke land som Norge (og Sverige) som ligger på topp i slik bruk (Grønmo, Hole & Onstad, 2016; Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010a). Dette betyr ikke at man ikke skal bruke slike hjelpemidler i skolen, men at man skal vurdere nøye på hvilken måte, når og i hvor stort omfang det er hensiktsmessig for elevenes læring å bruke dem. Det kan være fristende å tro at utstrakt bruk av elektroniske hjelpemidler gir en mye lettere vei til læring, særlig i et rikt land som Norge, som også av den grunn er utsatt for et stort press om å bruke dem fra kommersielle interesser. Men vanskelige utfordringer som hvordan man skal lære elevene fag, det være seg fysikk, matematikk eller andre fag, har sjelden enkle løsninger som å gi dem en kalkulator eller en datamaskin. Det er rimelig å tro at riktig og gjennomtenkt bruk kan være til hjelp, men vi kommer ikke utenom at den grunnleggende faglige forståelsen fortsatt vil komme gjennom systematisk hardt arbeid. Som det sto i den norske PISA-rapporten fra 2004:

Hemmeligheten bak god faglig framgang ligger i målbevisst arbeid mot definerte mål. At dette til en viss grad fortoner seg som litt av en hemmelighet i norsk skole, på tross av at det burde være velkjent nok, henger trolig sammen med at målbevisst arbeid mot definerte mål faktisk kan være ganske strevsomt. (Kjærnsli, Lie, Olsen, Roe & Turmo, 2004, s. 260)

Det har vært mange diskusjoner om og tilrettelegging for ulike metoder i naturfag, inklusiv fysikk. Sitatet under peker på behovet for å velge metoder

og vurderingsform basert på behovet til den enkelte elev, og gi elevene muligheter til å bli faglig engasjert. Det er et ideelt mål som vi alle kan si oss enige i.

Som lærere må vi jobbe på en slik måte at elevene får et størst mulig utbytte, både faglig og sosialt. Vi må velge de metodene for undervisning og vurdering som fungerer best for den enkelte elev, og her blir vårt profesjonelle handlingsrom viktig på veien mot å skape en best mulig skole. Eller som Pippi Langstrømpe uttrykker det: «Det har jeg aldri gjort før, så det klarer jeg helt sikkert.» Gir vi elevene muligheter til å bli glødende engasjerte i fysikk, kjemi og biologi så skal vi nok få realfagskuta i Norge på rett kjøl med mange utforskende Pippi Langstrømper ved roret! Men da må kanskje noe gjøres med det naturfaget som vi kjenner i dag. (Flatås, 2015)

Spørsmålet er hvordan disse gode intensjonene skal gjennomføres i praksis. Det er en viktig og nødvendig debatt, men metodene kan ikke løsrives fra det som er innholdet i faget. Noen typer lærestoff er vanskeligere tilgjengelig enn annet lærestoff. Noe innhold vil kreve mer innsats fra lærere og elever enn andre typer innhold. Det er rimelig å knytte spørsmålet om hva elevene skal lære til elevenes behov for kunnskap, ikke til hva som er lettest tilgjengelig. Å lære nytt stoff er ofte utfordrende og krever hardt arbeid. Alt stoff er ikke like morsomt å lære, likevel må vi ta jobben med å lære elevene det hvis vi vet at de vil trenge det videre i livet, det være seg i dagligliv eller i utdanninger og yrker. Skolen kan ikke (og skal ikke) ensidig vektlegge stoff fordi det er underholdende og lett å undervise i, eller lett å lære for elevene. Valg av metoder er et komplisert spørsmål som krever avveininger av ulike hensyn knyttet både til innhold i faget og til valg av metoder.

4.4 Oppsummerende kommentarer

Denne boka om fysikk i norsk skole tar utgangspunkt i resultater fra TIMSS Advanced. Det som skjer i videregående skole, kan bare forstås hvis vi også ser på situasjonen i grunnskolen. Det elevene lærer eller ikke lærer på lavere trinn i skolen, har betydning for hvor interessant de opplever et fag, og påvirker derfor deres valg av fag i videregående skole. Det de lærer på lavere trinn, danner også et grunnlag for videre læring, og influerer dermed også på prestasjonene i videregående skole. Vi har derfor en bred innfallsvinkel når vi drøfter spørsmålene om fagets legitimering, innhold og metodiske sider.

I Norge, som i mange andre land, begynte ikke samfunnet å tilby utdanning for brede lag av befolkningen før på 1800-tallet. Man fikk da en offentlig utdanning beregnet på folk flest, begrunnet med behovet for å styrke samfunnets teknologiske og sosioøkonomiske utvikling. Men fortsatt var utdanning utover grunnskolen bare tilgjengelig for et lite mindretall. Moderne demokratier bygger på at man kan «se hverandre i kortene», at man ikke bare skal overlate styringen til noen få eksperter. Et levende demokrati trenger folk på alle nivåer med fundamentale kunnskaper i fysikk som er aktivt deltakende samfunnsborgere. Grunnleggende kompetanse i fysikk er også viktig for mange jobber og utdanninger. Det er viktig for å opprettholde og utvikle landet i en positiv retning, for landet selv og i konkurranse med andre samfunn og land. Slike begrunnelser er det rimelig å anta at vil bli enda viktigere framover. Dette gjør diskusjoner og avveininger av både innhold og metoder i fysikk mer utfordrende enn tidligere, noe som gjenspeiler seg i kompleksiteten i det som presenteres i dette kapitlet.

Under drøftingene av fagets legitimering la vi vekt på å sette det allmenndannende aspektet opp mot et mer studieforberedende aspekt. Vi pekte da på at i en verden i rask utvikling er behovet for naturvitenskapelig kunnskap som fysikk økende, både fra perspektivet til den enkelte elev så vel som ut fra samfunnets behov for en velutdannet arbeidsstokk. Kunnskaper som for en generasjon eller to siden hovedsakelig var viktige for de elevene som siktet mot en akademisk karriere, er i dag viktige også for mange fagutdanninger. Også det allmenndannende perspektivet – hva alle elever trenger av naturvitenskapelige kunnskaper for å delta aktivt i samfunnet – peker i retning av mer naturvitenskapelig kunnskap. Verden står overfor mange utfordringer når det gjelder miljø og teknologi, problemer hvor naturfaglig innsikt er sentral og for viktig til å overlates til de få.

Det har de siste tiårene vært en trend i Norge at hovedvekten når det gjelder innhold i fysikk, skal være på hva *alle elevene kan greie å tilegne seg*, og mindre på hva de trenger å lære for å fungere godt i samfunnet generelt, og mer spesielt i relasjon til utdanninger og yrker. Særlig framtrædende har dette vært i grunnskolen. De fagene som har lidd mest under denne holdningen, er de såkalte harde realfagene som fysikk og matematikk. Begrunnelser som at dette er vanskelige fag, har bidratt til å legitimere en slik praksis. At disse fagene stiller en del krav til elevenes evne til å tenke abstrakt, bør ikke føre til at man automatisk skal unngå å trene elevene i denne måten å tenke på, også på

de lavere trinn i skolen. Også lesing stiller krav til elevenes evne til abstrakt tenkning, men på det området ser det ut til at når man avdekker svakheter, så intensiveres innsatsen, for eksempel gjennom økt satsing. Ikke minst gjelder det på lavere trinn i skolen. I et fag som fysikk ser det ut til at det at elever sliter i faget, bidrar til å tone ned det faglige innholdet, i stedet for at man lar elevene jobbe med innholdet over tid slik at det kan modnes. En grunn til dette er nok at man i Norge har en kultur for at norskopplæring er viktig, mens vi har liten kultur for viktigheten av å lære elevene fysikk og matematikk (Grønmo & Hole, 2017) (se også kapittel 3). En annen grunn er at norske lærere i grunnskolen har liten fordypning i fysikk. En god undervisning forutsetter høyt utdannede lærere, og her er nok situasjonen ganske ulik i fagene norsk og fysikk.

Som en reaksjon på den sterke vektleggingen av faglig kunnskap som skulle læres etter Sputnik-sjokket i 1957, ble det etter hvert et overslag med en overdreven vekt på prosessene i naturfag, nesten litt løsrevet fra det faglige innholdet (Sjøberg, 2009). På slutten av 1980-tallet fikk man et liknende overslag hvor det metodiske ble mer styrende enn innholdet i faget; et eksempel er den norske læreplanen av 1987 som stilte klare krav om hvor mye av undervisningen som skulle være prosjektarbeid. Metodiske innfallsvinkler som vekt på prosessaspektet i naturfag og bruk av prosjektundervisning har positive sider. Det negative var at noen metoder ensidig ble framhevet, ofte på bekostning av innholdet i det elevene trengte å lære. Det var også en trend at bare man tilrettela undervisningen slik at den passet for de elevene som slet faglig, så ville det bli god undervisning for alle elever. Undervisningen skulle være praktisk og dagliglivsnær, mens mer abstrakte og teoretiske innfallsvinkler ble nedtonet. Men elever er forskjellige, ikke minst når det gjelder hvilke metoder de lærer best med, og ifølge læreplaner og lovverk har alle elever rett på tilpasset opplæring. Man kan si at behovene for tilpasset opplæring for en del av elevene ble ofret ved at man ensrettet måten man skulle undervise på, basert på behovet til de som slet faglig. I en skole for alle er variasjon i metoder, med praktiske så vel som mer teoretiske innfallsvinkler, det man trenger. Samtidig bør valg av metoder relateres til og begrunnes med innholdet i det elevene skal lære.

Hvordan land legger opp sin undervisning, med hensyn til valg av både innhold og metoder, varierer mye over tid og mellom land. I Norge har det vært en tendens til at vi i stor grad sammenlikner oss med land i Norden, eventuelt med noen engelskspråklige land eller noen OECD-land, land som vi

har mye til felles med. En underliggende holdning synes å være at mange andre land er så ulike oss at sammenlikninger ikke er interessante. I en verden som i stadig større grad internasjonaliseres, er det kanskje på tide å se nærmere på undervisning i langt flere land, også de som ikke er så like oss, kulturelt eller på andre måter. Vi tenker på land som gjennom grunnskole og videregående skole ser ut til å gi sine elever en bedre basis i realfag som fysikk og matematikk.

Matematikk i fysikkfaget

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Et av våre siktemål med dette kapitlet er å bidra til å sette fokus på *faginnholdet som testes* i storskalastudier som TIMSS Advanced, TIMSS og PISA. Som det ble poengtert i Grønmo & Hole (2017), er det til liten nytte å konstatere en statistisk sammenheng mellom elevprestasjoner i en gitt studie og bakgrunnsvariabler som har med undervisning å gjøre, dersom studien faktisk ikke måler kompetanse på en måte som samsvarer med læringsmålene man har for faget i skolen. For eksempel er dette viktig i forbindelse med analyser av matematikkinnholdet i fysikkfaget. Hvis TIMSS Advanced fysikk tester elevenes kompetanse i fysikk på en måte som gir dem vesentlige fordeler dersom de kjenner til og kan anvende visse typer matematisk teori, er det avgjørende for tolkningen av prestasjonsresultater i TIMSS Advanced fysikk at man har informasjon om i hvilken grad denne matematikken kan forutsettes kjent for elevene.

Nettopp matematikkinnholdet, eller innslaget av matematisk fagstoff, er et aspekt av faginnholdet i fysikk som TIMSS Advanced gir oss gode muligheter for å analysere. Grunnen er at dette er en studie der kompetanse i fysikk og matematikk testes parallelt for det samme årskullet. Samtidig er rammeverket som brukes i TIMSS Advanced, sammenliknbart med rammeverkene som brukes i andre TIMSS-studier, slik at det er mulig å gjøre sammenlikninger av matematikkinnhold i TIMSS Advanced fysikk og matematikk med matematikkinnholdet i studier på lavere skoletrinn. Kapittel 2 i Grønmo & Hole (2017) gir en analyse av matematikkinnholdet i TIMSS 8. trinn matematikk og PISA matematikk.

I dette kapitlet tar vi for oss matematikkinnholdet i TIMSS Advanced fysikk spesielt. Vi ser primært på data fra 2015, men vurderer også utviklingen fra 2008 til 2015. Som verktøy bruker vi LC-rammeverket (Hole, Grønmo & Onstad, 2018) for beskrivelse av matematikkinnhold. Dette gir et perspektiv på studiene som går på tvers av studienes egne underliggende rammeverk.

5.1 Rammeverket i TIMSS Advanced

IEA-studiene TIMSS og TIMSS Advanced benytter seg av et rammeverk som essensielt er basert direkte på læreplanene i de deltakende landene (Mullis & Martin, 2014; Mullis et al., 2003). Dette betyr at det ikke kan spores noe konkret «lærings-syn» eller noen særlig omfattende fagdidaktisk teoridannelse i disse rammeverkene. IEA-rammeverkene har kategorier for *kognitive nivåer*, nemlig *knowing* (kunne), *applying* (anvende) og *reasoning* (resonnere), men dette er en så grovkornet inndeling at den ikke kan sies å representere noen konkret fagdidaktisk teori. I den grad noen fagdidaktisk teori eller noe lærings-syn kan spores i TIMSS-rammeverkene, er dette arvet fra de teoriene som ligger under de nasjonale planene, overført til TIMSS gjennom oppgavematerialet. Man kan altså si at oppgaveutvalget i TIMSS-studiene representerer et slags vektet gjennomsnitt av de fagdidaktiske teoriene som planene i de deltakende landene bygger på.

Det er interessant å sammenlikne dette med rammeverket i OECD-studien PISA. Gjennom sine rammeverk for hva som testes kan PISA sies å representere visse didaktiske teorier (Grønmo & Hole, 2017). IEA-studiene har en mer pragmatisk og nøytral tilnæringsmåte til didaktisk teori.

Mens de faglige oppgavene i TIMSS og TIMSS Advanced altså ganske enkelt kan sees på som et uttrykk for hva som vektlegges i matematikkundervisningen i de deltakende landene, er PISAs prestasjonsmålinger indirekte basert på et slags *anbefalt faglig innhold* i undervisningen. Disse anbefalingene ligger implisitt i det underliggende kompetansebaserte rammeverket, som i matematikk er basert på det PISA selv definerer som *mathematical literacy*, uttrykt ved en liste av ulike *kompetanser* (OECD, 2003). Det kontroversielle med en slik oppsplittingsmåte ligger allerede i selve ideen med å *splitte opp* begrepet matematisk kompetanse: Noen vil kunne hevde at det ikke er mulig å arbeide meningsfylt med hver av disse kompetansene uten å bruke flere (alle?) på en gang, og at en oppsplitting av denne typen dermed leder oppmerksomheten bort fra det man kan hevde er et enhetlig mål som bør ligge til grunn for arbeidet med matematikk i skolen.

Kompetansenetnkning basert på lister av enkeltstående *kompetanser* har fortsatt bred støtte i det vestlige matematikkdiraktiske miljøet, og vi har ikke til hensikt å ta stilling for eller imot en slik teoretisk vinkling her. Imidlertid er det av hensyn til våre analyser i dette kapitlet viktig at vi problematiserer dette. Det er liten tvil om at tenkningen basert på listen av kompetanser brukt i PISA, har dratt det faglige innholdet i PISA mer i retning av såkalt hverdagsmatematikk

enn hva som er tilfellet i læreplanene til mange land, og dermed også hva man finner i TIMSS og TIMSS Advanced. Dette slår tydelig ut når vi i dette kapitlet sammenlikner innholdet i PISA med IEA-studiene ved å bruke vårt LC-rammeverk, et rammeverk som måler avhengighet av matematisk teori.

5.2 Språk og innhold i matematisk preget teori: Funnet på og funnet ut

I dette delkapitlet gir vi en oppsummerende beskrivelse av LC-rammeverket, som er rammeverket vi bruker for måling av matematikkinnholdet i TIMSS Advanced fysikk. Dette rammeverket er beskrevet i Hole et al. (2018), og også i Grønmo & Hole (2017). Sammenliknet med disse to kildene er vår framstilling her noe mer rettet mot anvendelse i fysikk. En viktig egenskap ved LC-rammeverket er at det kan brukes til å måle matematikkinnhold i en hvilken som helst faglig test, i et hvilket som helst fag. Kriteriene er de samme enten man er innenfor eller utenfor det man i den aktuelle konteksten definerer som «matematikkfaget». Rammeverket passer derfor godt til analyser av fysikk, og det gir gode muligheter for å sammenlikne matematikkinnhold på tvers av de definerte faggrensene.

En sentral ide bak LC-rammeverket er distinksjonen mellom *funnet på* og *funnet ut*. Den første kategorien, altså «funnet på», kalles L-kategorien, der L tenkes å stå for «language». Den andre kategorien er C-kategorien, der C tenkes å stå for «content». De to kategoriene er ikke gjensidig utelukkende: For å uttrykke *innhold* i matematikk i vår betydning av ordet, må man bruke *språk* i vår betydning av ordet. Teknisk sett består området «funnet på» av definisjoner, notasjon og annen ren språkbruk. Området «funnet ut» består av matematiske *teoremer* eller *setninger*, ofte også kalt matematiske *resultater*. I området «funnet på» finner vi definisjoner av matematiske begreper som rektangel, parallelogram, kvadrattall og så videre. I området «funnet ut» ligger for eksempel Pytagoras' setning, arealformler for ulike geometriske figurer, algebraiske lover som for eksempel distributiv lov og andre elementer i matematisk teori som krever en *forklaring på hvorfor de er sanne*, formelt sagt et bevis. Man kan bruke betegnelsene «forklaring» eller «begrunnelse» i stedet for bevis, fordi man sjelden arbeider med formelle matematiske bevis i skolematematikken eller skolefysikken.

Som beskrevet i Hole et al. (2018) er det i en skolesituasjon avgjørende at læreren hjelper eleven til å relatere på ulik måte til de to områdene L og C innen matematisk fagstoff. Hvis en lærer blir spurt «hvorfor» det er riktig at

$$a^3 = a \cdot a \cdot a$$

for alle tall a , kan ikke læreren gjøre særlig mer enn å si at dette er sann fordi noen («matematikerne») har bestemt at det skal være sann. Matematikerne har blitt enige om at skrivemåten

$$a^3$$

skal oppfattes som en forkorting for $a \cdot a \cdot a$. Så på en måte er dette noe elevene bare må akseptere, det er i L-kategorien. På den annen side bør elevene lære å forholde seg på en helt annen måte til ting som ligger i «funnet ut»-området, altså området C. Et eksempel er regelen om at

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m}$$

for alle positive tall a og naturlige tall n og m . For denne regelen kan elevene med full rett kreve en begrunnelse for *hvorfor* det er sann. Det kan man forklare ut fra definisjonen av eksponentuttrykk, som vi nettopp var inne på. Undervisningen kan legges opp slik at elevene får arbeidet med dette. Selv om en elev ikke kommer i mål med å forstå begrunnelsen, kan vissheten om at det finnes en begrunnelse, i seg selv være verdifull. Hvis eleven vet at dette *lar seg* begrunne, vet eleven også at det ikke er «opplagt», eller noe man forventes å forstå direkte. Dermed unngår man at eleven føler seg dum. Å bruke resultater man ikke selv har arbeidet seg gjennom begrunnelsen for, er noe også profesjonelle matematikere ofte gjør, og det er ikke nødvendigvis problematisk.

Slik man i LC-rammeverket tenker seg inndelingen av matematisk teori i områdene L og C, er det klart at hva som havner i de to områdene, til dels avhenger av hvordan teorien bygges opp. I skolesammenheng vil grunnleggende algebraiske lover, som for eksempel distributiv lov, måtte regnes i C-området. Grunnen er at dette er regler det i skolesammenheng er naturlig å arbeide med en begrunnelse for, dette er ikke noe som i denne sammenheng kan sies kun å være en definisjonssak. I mer avanserte kurs i reell analyse eller abstrakt algebra vil det derimot være naturlig å ta den distributive loven som et aksiom, og da ligger den formelt sett ikke i C-kategorien. Den vil

da være en del av det man har bestemt som utgangspunkt for teorien, dvs. at den er i kategorien «funnet på». Et annet eksempel er definisjonen av multiplikasjon. $3 \cdot 4$ kan defineres som $4 + 4 + 4$ eller som $3 + 3 + 3 + 3$. Her har man et *valg* når det gjelder hva man bestemmer, men skal man bygge opp matematikken på en meningsfull måte for barna, må man bestemme seg for én av tingene når man først introduserer skrivemåten med en «prikk» mellom to tall. Skal man si at $3 \cdot 4$ betyr $4 + 4 + 4$, eller skal man si at det betyr $3 + 3 + 3 + 3$? Man kan så *begrunne* at faktorenes orden er likegyldig, slik at svarene blir de samme med begge valg. Dette siste er da i skolesammenheng noe som inngår i området «funnet ut».

Til tross for dens åpenbare viktighet i skolen er LC-distinksjonen lite diskutert i moderne matematikdidaktikk. Man finner lite om dette i kilder som (Clements, Bishop, Keitel-Kreidt, Kilpatrick & Koon-Shing Le, 2013; English & Bussi, 2008; Niss, 2007). Distinksjonen passer ikke uten videre inn i de mest kjente rammeverkene for matematikkompetanser, for eksempel de vi var inne på i forbindelse med PISA og relaterte rammeverk. Dette har å gjøre med at verken teoriområdet L eller teoriområdet C naturlig tilsvarer noen spesiell type «kompetanse» i seg selv. Tatt i betraktning den store innflytelsen kompetansebaserte rammeverk har hatt på både vurderingsformer og læreplaner i matematikk gjennom de siste par tiårene, kan dette nettopp være noe av grunnen til at denne distinksjonen omtales så lite. Derimot finnes det mye forskning knyttet til hvert enkelt av de to områdene i LC-distinksjonen. For L-siden kan vi som eksempel ta forskning knyttet til distinksjonen mellom *concept image* og *concept definition* (Niss, 1999; Pedemonte, 2007). Merk også at generelle, mindre fagspesifikke teorier for *begrepslæring* typisk ikke vil fange opp LC-distinksjonen, fordi denne er spesiell for matematikkfaget. Blant forskning som gjelder C-siden, kan vi peke på det store forskningsfeltet knyttet til den rollen *bevis* spiller i matematikk og matematikkundervisning på ulike nivåer (Hanna, 2000; Tall, 2014). Men heller ikke disse forskningstradisjonene legger sin primære vekt på distinksjonen mellom L og C. Videre ligger LC-distinksjonen klart på et annet nivå enn prosess-/objekt-dualiteten beskrevet av Anna Sfard (1991).

Når det gjelder betoning av LC-distinksjonen i lærebøker og andre læremidler i Norge, går det et klart skille mellom skolematematikken og matematikken på høyskole-/universitetsnivå. I lærebøker skrevet for universitetskurs er vanligvis distinksjonen mellom definisjoner og teoremer klar og eksplisitt. Dette henger sammen med at distinksjonen oppfattes som grunnleggende av profesjonelle

matematikere, og at forfatterne av lærebøker på dette nivået oftest har en forskerutdanning i matematikk. I lærebøker for skolen er bildet et helt annet, der er denne distinksjonen vanskelig å få øye på.

Når vi anvender LC-rammeverket på oppgaver fra TIMSS Advanced, *klassifiserer* vi oppgavene ved å dele opp mengden av oppgaver i testen gjennom to *dikotomier* (todelinger). Flervalgsoppgaver og åpne oppgaver behandles her på like fot. Den ene dikotomien er ment å måle oppgavenes avhengighet av matematikkens L-del, og den andre av C-delen.

1. For å beskrive avhengighet av L-delen brukes en dikotomi vi refererer til som *formel-/ikke-formel-dikotomien*, eller *F/NF-dikotomien*. Siden LC-rammeverket er tenkt å måle innslaget av matematisk *teori*, ønsker vi at F/NF-dikotomien skal adressere de formelle delene av matematisk språk. I skolen operasjonaliseres dette naturlig gjennom matematiske *formler* i vid forstand, og derfor fokuserer vi på det. Kategoriene i F/NF-dikotomien er (i) mengden oppgaver der minst én formel er involvert enten i oppgaveteksten eller i elevens forventede løsning eller løsningsmetode, og (ii) mengden oppgaver der dette ikke er tilfellet. Vi refererer til (i) som *formelkategorien*, eller *F-kategorien*. Kategorien (ii) kaller vi *ingen formel-kategorien*, eller *NF-kategorien*.
2. For å beskrive avhengighet av C-delen, brukes en dikotomi vi refererer til som *teorem-/ikke-teorem-dikotomien*, eller *T/NT-dikotomien*. Kategoriene i T/NT-dikotomien er (i) mengden oppgaver der kjennskap til minst ett teorem («matematisk setning») er relevant for å løse oppgaven, og (ii) mengden oppgaver der dette ikke er tilfellet. Vi refererer til (i) som *teoremkategorien*, eller *T-kategorien*. Kategorien (ii) kaller vi *intet teorem-kategorien*, eller *NT-kategorien*.

Til sammen gir dikotomiene F/NF og T/NT et mål for testens avhengighet av matematisk teori. Eller, om man vil, et mål for i hvilken grad kjennskap til matematisk teori hjelper eleven til å løse oppgavene i testen.

Som nevnt over er kategoriene T og F overlappende. En oppgave kan kategoriseres som både F og T, eller som både NT og NF. For eksempel vil en oppgave der en derivasjonsregel er aktuell å bruke, typisk kunne klassifiseres som både T og F. Begrunnelsen for å legge oppgaven i T-kategorien kan da være at derivasjonsregelen er et teorem. Oppgaven involverer altså innholdssiden

(C-siden) av matematikken. Samtidig vil oppgaven kunne plasseres i kategorien F, fordi derivasjonsregelen uttrykkes ved en formel og involverer bruk av formler når den anvendes. Det er altså ikke slik at oppgavekategoriene T og F representerer henholdsvis innholdssiden (C) og språksiden (L) i matematisk teori. Derimot er de *indikatorer på om en gitt oppgave involverer henholdsvis C og L.*

På samme måte kan en gitt oppgave også kategoriseres som både NF og NT. Dette vil da være en oppgave der ingen formler er involvert, og der ingen matematiske teoremer fra den antatte skolebakgrunnen i vesentlig grad hjelper eleven til å løse oppgaven.

5.3 Matematikkinnhold i TIMSS, PISA og TIMSS Advanced målt med LC-rammeverket

Klassifiseringen av oppgaver i henhold til dikotomiene F/NF og T/NT har et subjektivt element i seg. For å anvende disse, må man derfor bruke en metodikk med grupper av kodere. Måling av interkoder-reliabilitet kan så gjøres for eksempel ved bruk av Fleiss' kappa (Fleiss, Cohen & Everitt, 1969), som er målet vi har brukt i analysene vi refererer til her. Dessuten trengs det presiseringer av klassifiseringskriteriene som delvis avhenger av typen tester vi ser på, i vårt tilfelle TIMSS Advanced. For tilsvarende detaljer vedrørende analyser av TIMSS 8. trinn og PISA matematikk henviser vi til (Hole, Grønmo & Onstad, 2017; Hole et al., 2015).

Klassifikasjonen av oppgavematerialet fra TIMSS Advanced 2015 fysikk ble gjort av masterstudenter som arbeidet som kodere for TIMSS Advanced i Norge våren 2015, det vil si som var ansatt for å kode resultatene fra de norske elevene som deltok i studien. En gruppe på fire klassifiserte oppgavene fra fysikkdelen. Studentene ble gitt en kort gjennomgang av rammeverket på forhånd. Deretter gjennomførte de én syklus med klassifisering, uten mulighet til diskusjon seg imellom underveis. Dette designet ble valgt fordi det var interessant å måle overførbarheten av rammeverkets kriterier. Klassifiseringen av fysikkoppgavene gav akseptable kappaverdier (0,70 og 0,67 for F/NF og T/NT respektivt).

Når det gjelder presisering av kriteriene for T/NT i konteksten definert av norsk videregående skole, diskuterte gruppene av kodere i fysikk og matematikk

seg fram til følgende: For at en oppgave skal klassifiseres som T, må det finnes et teorem, altså en «setning», fra elevens antatte skolebakgrunn («pensum») som i vesentlig grad forenkler arbeidet med oppgaven. Hvis eleven derimot antas å måtte resonnerer seg fram fra grunnen av, eventuelt ved bruk av kjennskap til matematiske begreper (begrepsforståelse), klassifiseres oppgaven som NT. Videre framstod det, særlig siden man her studerer videregående skole, som naturlig å operere med et visst «bunnfradrag» når det gjelder matematiske teoremer. Enkle aritmetiske sammenhenger, som for eksempel $5 + 14 = 19$, ble ikke telt med som teoremer i denne sammenhengen. Begrunnelsen var at selv om disse i prinsippet er ting man har «funnet ut», slik at de altså *er* teoremer formelt sett, behandles de ikke som dette i skolematematikken, og heller ikke i skolefysikken: Elevene kan utlede disse resultatene direkte ved å tenke addisjon. Det legges ikke opp til at dette er resultater som skal være *memorert* for å være ferdige til bruk.

Som eksemplifisering for T/NT-klassifiseringen kan man utarbeide lister over teoremer som kan antas dekket i pensum for de aktuelle årstrinnene. For matematikkbakgrunnen som er aktuell for elevene i Fysikk 2, kan en slik liste for eksempel inkludere algebraiske lover som

$$a - (b + c) = a - b - c$$

$$\frac{a}{c} + \frac{b}{c} = \frac{a + b}{c}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{ac}{bc}$$

Disse kan antas dekket både i grunnskolens matematikk og i videregående skoles matematikk. Som eksempel på ting som er mer spesifikke for studieforberedende løp i matematikk, for eksempel R-løpet, kan nevnes

$$\left| \vec{F} \times \vec{G} \right| = \left| \vec{F} \right| \cdot \left| \vec{G} \right| \cdot \sin \theta \quad (1)$$

At man kan finne lengden av vektorproduktet på denne måten, ved å multiplisere lengdene av de to vektorene med sinus til vinkelen mellom dem, er relevant blant annet for løsning av fysikkoppgaver som involverer krefter i magnetfelt. Imidlertid er det ikke sikkert at fysikkelevener ser for seg denne formelen når de løser slike fysikkoppgaver. De bruker imidlertid denne matematiske sammenhengen, og man kan argumentere for at kjennskap til den,

uttrykt ved en formel slik det er gjort her, hjelper elevene til å strukturere kunnskap og kompetanse som er nyttig for å løse fysikkoppgaver som involverer krefter bestemt ved «høyrehåndsregelen», som for eksempel kraften \vec{F} på en partikkel med ladning q og hastighetsvektor \vec{v} i et magnetfelt \vec{B} . I norsk skolefysikk vil denne kraften typisk skrives

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Likevel er det rimelig å si at (1) representerer et matematisk teorem det er nyttig å kjenne til i denne sammenhengen, og fysikkoppgaver som involverer beregning av krefter ved vektorprodukt, vil derfor typisk kunne klassifiseres som T.

Aktuelle på listen over teoremer er også operasjoner man kan bruke for å løse likninger, som for eksempel at man kan legge til det samme tallet på begge sider av likhetstegnet. Dette er svært aktuelt i forbindelse med anvendelser av matematikk i fysikk. Andre eksempler på aktuelle matematiske teoremer er

- formler for areal, omkrets, volum og liknende for geometriske figurer
- geometriske teoremer som Pytagoras' setning, setningen om vinkelsummen i en trekant, setninger om formlikhet og så videre

I videregående skoles matematikk, for eksempel i R-løpet, er tettheten av teoremer naturligvis mye høyere enn i grunnskolematematikken. Alle derivasjonsregler, integrasjonsregler, grenselover, sammenhenger mellom vektorregning og geometri, tolkninger av derivasjon og integrasjon, areal- og volumberegninger ved integrasjon og så videre, er matematiske sammenhenger man har *funnet ut* at gjelder. Dette er altså teoremer.

Gruppen av kodere som klassifiserte oppgavene fra TIMSS Advanced 2015 fysikk, forholdt seg også til en liste med eksempler på ting som mange lett kan tro representerer teoremer i den skolekonteksten vi ser på, men som man kan argumentere for at ikke gjør det. Blant eksemplene her kan nevnes $a^0 = 1$ og $a^{-n} = 1/a^n$.

For dikotomien F/NF er utgangspunktet, som tidligere nevnt, at en *formel* er et matematisk uttrykk eller utsagn (for eksempel en likning eller en ulikhet) som inneholder minst én variabel. Variablene kan være representert syntaktisk både ved bokstaver, ved andre typer symboler og ved komplette ord. Med andre ord regnes også

$$\text{strekning} = \text{fart} \cdot \text{tid}$$

som en formel i denne sammenhengen. For at en oppgave skal klassifiseres som F, må så minst ett av disse tre kravene være oppfylt, der vi altså legger til grunn den definisjonen av begrepet «formel» som nettopp ble beskrevet:

- Oppgaven inneholder en formel som eleven må bruke, eller
- oppgaven ber eleven om å lage en formel, eller
- en typisk elev vil kunne forventes å bruke en formel underveis i arbeidet med oppgaven.

Merk at ifølge dette må fysiske formler som

$$F = ma \quad \text{og} \quad E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

også regnes som matematiske formler i vår forstand, fordi de involverer variabler som kan ta ulike tallverdier. Det samme vil ethvert uttrykk som inneholder vektorstørrelser, for eksempel

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Oppgaver som involverer slike formler, klassifiseres altså som F i LC-rammeverket. Det er ikke noe skille mellom «fysikkformler» og «matematikkformler»; bruken av variable er den samme i begge tilfeller. Hvorvidt vektorer tolkes som rene fysikkstørrelser, for eksempel krefter, elektriske felt eller magnetiske felt, har ikke noe å si for LC-klassifiseringen F/NF, som fungerer rent syntaktisk.

Klassifikasjonsresultatene for dikotomien F/NF for oppgavene i TIMSS Advanced 2015 matematikk og fysikk er vist i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced ved dikotomien F/NF, i prosent av oppgaver.

	TIMSS Advanced 2015 matematikk	TIMSS Advanced 2015 fysikk
Klassifisert som F [bruker formler] av minst 3 av 4 kodere	67,0 %	31,1 %
Delte meninger (2–2)	8,7 %	7,8 %
Klassifisert som NF [bruker ikke formler] av minst 3 av 4 kodere	24,3 %	61,1 %

Vi ser fra tabell 5.1 at mens 31,1 % av oppgavene som ble brukt i TIMSS Advanced 2015 fysikk ble bedømt til å involvere formler av minst 3 av 4 kodere i henhold til F/NF-kriteriene, var det hele 67 % av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 matematikk som involverte formler etter disse kriteriene. At vi finner en så vidt stor forskjell mellom fysikk og matematikk, er selvsagt ikke overraskende. Tallet 31,1 % for fysikk er på den annen side høyere enn det tilsvarende tallet for matematikk i PISA 2012. Kun 18,8 % av matematikkoppgavene i PISA 2012 ble bedømt til å involvere formler (Hole et al., 2018).

Klassifikasjonsresultatene for dikotomien T/NT for oppgavene i TIMSS Advanced 2015 matematikk og fysikk er vist i tabell 5.2.

Også her ser vi, ikke overraskende, en betydelig forskjell mellom matematikkfaget og fysikkfaget. Men igjen er tallet for fysikk i tabell 5.2 høyere enn det tilsvarende tallet for PISA 2012 matematikk, der kun 11,8 % av oppgavene ble bedømt til å være i kategorien T (Hole et al., 2018). Over 2/3 av matematikkoppgavene i PISA 2012 ble bedømt som uavhengige av både teoremer og formler; de ble altså klassifisert som NT og NF.

Tabell 5.2 Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced ved dikotomien T/NT, i prosent av oppgaver.

	TIMSS Advanced 2015 matematikk	TIMSS Advanced 2015 fysikk
Klassifisert som T [bruker teoremer] av minst 3 av 4 kodere	78,6 %	14,6 %
Delte meninger (2–2)	2,9 %	5,8 %
Klassifisert som NT [bruker ikke teoremer] av minst 3 av 4 kodere	18,4 %	79,6 %

Ved å sammenlikne tabellene 5.1 og 5.2 kan vi se at matematikkinnholdet i TIMSS Advanced 2015 fysikk ligger mer på språksiden (F) enn på innholdssiden (T). Dette er interessant i forbindelse med analysene vi gjør i kapittel 6 der vi ser på sammenhenger mellom LC-klassifiseringene og elevprestasjonene.

5.4 Avsluttende kommentarer

Vi har i dette kapitlet sett på hvordan man kan karakterisere og måle matematikkinnholdet i oppgaver fra internasjonale studier, blant annet fysikkoppgavene i TIMSS Advanced. I kapittel 6 relaterer vi dette til prestasjonsdata fra TIMSS Advanced, noe som blant annet gir oss informasjon om matematikkens betydning for fysikkfaget.

Prestasjonsprofiler i ulike land: Betydningen av matematikk for å lykkes i fysikk

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Tidligere forskning gir klare indikasjoner på at man i internasjonale studier som omhandler realfag og matematikk, finner geografiske *prestasjonsprofiler* blant landene og utdanningssystemene som deltar (Grønmo, Hole & Onstad, 2016; Grønmo, Kjærnsli & Lie, 2004a; Grønmo & Onstad, 2013a; Grønmo et al., 2012b). Det er rimelig å tro at disse profilene skapes ved at ulike land og regioner i verden har ulike tradisjoner når det gjelder vektlegging av fagstoff, herunder legitimering og begrunnelser for denne vektleggingen, samt undervisnings-tradisjoner og fagenes stilling i samfunnet generelt. I forskningen referert til ovenfor inngår diskusjon av en typisk *nordisk* profil, en typisk *engelskspråklig* og en typisk *tyskspråklig* profil (eller en mer generell *vestlig* profil), en typisk *østeuropeisk* profil og en typisk *østasiatisk* profil. Disse profilene gir seg utslag i de ulike landenes prestasjoner innenfor ulike områder innen fagene. For å studere dette kan man undersøke hvor godt det enkelte land gjør det innenfor et gitt fagområde, for eksempel geometri, sammenliknet med landets prestasjoner innenfor andre fagområder. For hvert land er det da *differansene* i skår mellom ulike fagområder man studerer. Når man så sammenlikner ulike land og definerer prestasjonsprofiler, er det forskjeller i disse differansene, altså *differanser mellom differansene*, man ser etter. For eksempel har man i flere tidligere studier funnet at for land som har en typisk *nordisk* profil i matematikkfaget, er prestasjonsnivået innen *geometri* høyere enn prestasjonsnivået innen *algebra*. Omvendt er det for land med en *østasiatisk* profil.

Vi er i dette kapitlet primært ute etter å studere hvordan fysikkprestasjoner i TIMSS Advanced varierer mellom ulike land når vi benytter kategoriene definert av LC-rammeverket fra kapittel 5. Men siden LC-rammeverket måler matematikkinnhold, vil vi også studere og sammenlikne med variasjoner i matematikkprestasjoner slik disse måles i TIMSS Advanced.

Som poengtert i Grønmo & Hole (2017) er én fordel ved å bruke LC-rammeverket i analyser av ulike prestasjonsprofiler at dette rammeverket ikke refererer til *fagområder*, men i stedet til ulike typer *teori*. Dette fokusskiftet gjør at analysen ikke blir kun en diskusjon om prioritering av ulike matematiske *emner*. I stedet vil diskusjonen kunne dreie seg om hvordan ulike land arbeider med mer generelle aspekter ved matematikk i skolen, både i matematikkfaget og i matematikkfaglige brukerfag som fysikk. Et eksempel på et slikt aspekt kan være *formelt matematisk språk*. I LC-rammeverket måles innslaget av dette gjennom F/NF-dikotomien (se kapittel 5).

6.1 Geografiske prestasjonsprofiler i TIMSS Advanced 2015

I TIMSS Advanced er det såpass få deltakerland at det i utgangspunktet ikke er nødvendig å se på grupper av land, slik det ble gjort for TIMSS i grunnskolen i Grønmo & Hole (2017). I tilfellet TIMSS Advanced er det derfor mer hensiktsmessig å sammenlikne landene enkeltvis og så diskutere hvilke mønstre som avtegner seg.

Tabell 6.1 angir differanser i gjennomsnittlige p -verdier for oppgavekategoriene NF og F i fysikk for utvalgte deltakerland i TIMSS Advanced 2015. En nærmere beskrivelse av selve kategoriseringsarbeidet er gitt i kapittel 5. For ytterligere detaljer om rammeverket, se Hole, Grønmo & Onstad (2018).

Tabell 6.2 angir tilsvarende differanser i gjennomsnittlige p -verdier for oppgavekategoriene NT og T i TIMSS Advanced fysikk.

Tabell 6.1 Gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien NF minus gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien F i utvalgte deltakerland i TIMSS Advanced 2015 fysikk.

Land	Differanse (prosentpoeng) NF-F
Norge	7,67
Sverige	3,82
USA	5,86
Russland	-0,21
Frankrike	14,04
Slovenia	-4,70
Portugal	3,18

Tabell 6.2 Gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien NT minus gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien T i utvalgte deltakerland i TIMSS Advanced 2015 fysikk.

Land	Differanse (prosentpoeng) NT-T
Norge	13,76
Sverige	11,42
USA	10,63
Russland	5,40
Frankrike	19,88
Slovenia	5,50
Portugal	8,98

I tilfellet fysikk har de fire oppgavegruppene F, NF, T og NT alle minst 15 oppgaver. Videre er standardfeilen til p -verdien for alle enkeltoppgaver høyst 3,9 i alle landene vi ser på, jamfør databasen (<https://timssandpirls.bc.edu>). Derfor er standardfeilen for gjennomsnittlig p -verdi mindre enn $3,9/\sqrt{15}$ i alle de fire gruppene. Standardfeilen for differansene i tabellene 6.1 og 6.2 finnes så ved å multiplisere med $\sqrt{2}$, noe som gir oss omtrent 1,42. Multiplikasjon med 1,96 gir at 95 % signifikansnivå tilsvarer et avvik på litt under 3. Så differansene i tabellene 6.1 og 6.2 er signifikante hvis de er minst 3. Med andre ord er nesten alle signifikante.

Fra tabell 6.1 ser vi at alle land unntatt Russland og Slovenia har en signifikant, positiv differanse mellom de gjennomsnittlige p -verdiene for NF og F, noe som indikerer at elever i disse landene gjennomsnittlig finner oppgaver som involverer formler, vanskeligere enn oppgaver som ikke gjør det. Slovenia har en signifikant negativ differanse i tabell 6.1, noe som indikerer at slovenske elever tenderer i retning av å finne oppgaver der formler er involvert, *enklere* enn andre

oppgaver. Vi ser at alle landene i tabell 6.2 har en positiv, signifikant differanse mellom de gjennomsnittlige p -verdiene for NT og T, noe som betyr at elevene generelt tenderer mot å synes at fysikkoppgaver der kjennskap til matematiske teoremer er relevant, er vanskeligere enn andre fysikkoppgaver. Effekten er mest framtrødende i Frankrike, etterfulgt av Norge. Når det gjelder Frankrike, bør det i denne sammenhengen bemerkes at de har en langt høyere dekningsgrad i både TIMSS Advanced fysikk og TIMSS Advanced matematikk enn Norge har, omtrent 20 % i begge fag i Frankrike sammenliknet med omtrent 10 % i matematikk og 6 % i fysikk for Norge (Grønmo et al., 2016). Differansen NT–T er mer beskjeden i Russland og Slovenia, parallelt med resultatene i tabell 6.1.

Generelt vil *differansene mellom differansene* for to land i tabellene 6.1 og 6.2 være signifikante hvis de overstiger 3 multiplisert med $\sqrt{2}$. Så hvis slike differanser er over 4,25, er de signifikante. For eksempel: Siden den norske verdien minus den russiske verdien i tabell 6.2 er rundt 8, indikerer tabellen at de norske elevene er signifikant mer «negative» til relevans av matematiske teoremer i fysikkoppgaver enn tilfellet er med russiske elever. Relasjonen mellom fysikkprestasjoner i TIMSS Advanced og andre mål for matematikkompetanse har tidligere blitt adressert i (Lie, Angell & Rohatgi, 2012) og (Nilsen, Angell & Grønmo, 2013a). Man har blant annet funnet indikasjoner på at tilbakegang i fysikk fra TIMSS Advanced 1995 til 2008 kan ha sammenheng med svakere kompetanse innen algebra.

Vi skal nå sammenlikne fysikkresultatene med tilsvarende resultater for TIMSS Advanced 2015 matematikk. Som vanlig beregner vi gjennomsnittlig p -verdi for mengden av oppgaver klassifisert som NF, og trekker fra gjennomsnittlig p -verdi for mengden av oppgaver klassifisert som F. Vi får da resultatene i tabell 6.3.

Tabell 6.3 Gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien NF minus gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien F i utvalgte deltakerland i TIMSS Advanced 2015 matematikk.

Land	Differanse (prosentpoeng) NF–F
Norge	12,54
Sverige	9,79
USA	10,53
Russland	4,46
Frankrike	12,13
Slovenia	8,98
Portugal	10,96

Tabell 6.4 Gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien NT minus gjennomsnittlig p -verdi for oppgavekategorien T i utvalgte deltakerland i TIMSS Advanced 2015 matematikk.

Land	Differanse (prosentpoeng) NT-T
Norge	-2,14
Sverige	-1,83
USA	5,82
Russland	3,46
Frankrike	9,74
Slovenia	8,57
Portugal	10,11

Hvis vi beregner gjennomsnittlig p -verdi for matematikkoppgaver klassifisert som NT, og trekker fra gjennomsnittlig p -verdi for matematikkoppgaver klassifisert som T, får vi resultatene i tabell 6.4.

I klassifikasjonen av matematikkoppgavene i TIMSS Advanced 2015 inneholder kategoriene T og NT begge minst 15 oppgaver. Kategoriene F og NF inneholder minst 25 oppgaver. Ingen av p -verdiene for enkeltoppgavene i matematikk har en standardfeil som overstiger 3,9 i noen av landene vi ser på (se databasen på timssandpirls.bc.edu). En enkel beregning av samme type som tidligere gir at differansene i tabell 6.3 er signifikante hvis de er minst 2,2, mens differansene i tabell 6.4 er signifikante hvis de er minst 3. Med andre ord er nesten alle differansene i tabellene 6.3 og 6.4 signifikante. Differanser i differansene mellom land vil være signifikante hvis de er over 3,1 i tabell 6.3 og 4,25 i tabell 6.4. For eksempel kan vi se fra tabell 6.3 at differansen NF-F er signifikant større i Norge enn i Russland og Slovenia.

I tabell 6.3 ser vi et mønster som har klare likhetstrekk med det tilsvarende resultatet for fysikk i tabell 6.1. De østeuropeiske landene, og særlig Russland, har relativt små differanser i gjennomsnittlig p -verdi mellom oppgaver som avhenger av formler, og oppgaver som ikke gjør det. Landet med størst verdi for differansen, er Norge.

Resultatene for differansen NT-T i matematikk (tabell 6.4) bryter mønsteret. Her viser de nordiske landene minst differanse NT-T; faktisk har både Norge og Sverige høyere gjennomsnittlig p -verdi for kategorien T enn for kategorien NT. Dette resultatet er interessant, fordi det ser ut til å være i strid med den generelle regelen om at elever i vestlige land, og spesielt i nordiske land, ikke gjør det bra på oppgaver som krever kjennskap til formell matematikk. Imidlertid er det flere mulige tolkninger her. For eksempel kan resultatet være et uttrykk

for at mens norske elever ikke presterer godt på oppgaver som krever forståelse for «grunnleggende», men likevel formell matematikk, for eksempel algebra, er emneplanene for de aktuelle kursene (Matematikk R2 i Norge) *brede og omfattende* når det gjelder hvilke emner som dekkes. Sagt på en annen måte: Planene er brede, men lite dype. En nærmere diskusjon av dette er gitt i Grønmo & Hole (2017).

6.2 Trendutvikling fra 2008 til 2015 - relasjonen mellom fysikk og matematikk

Tidligere forskning har vist indikasjoner på at Norges kraftige tilbakegang i fysikkprestasjoner fra første gangs gjennomføring av TIMSS Advanced i 1995 til neste gjennomføring i 2008, kan ha sammenheng med dårligere kompetanse i matematikk, særlig i algebra. (Se Lie, Angell & Rohatgi, 2010, kap. 13; Nilsen et al., 2013a). Sammenlikner man Norges resultater i TIMSS Advanced 2008 med resultatene fra TIMSS Advanced 2015, ser man imidlertid at Norge fortsatt går tilbake i fysikk, mens det er framgang i matematikk (Grønmo et al., 2016). Et interessant spørsmål er da hvordan dette spriket kan relateres til relasjonen mellom fysikk og matematikk. Vi tar i dette delkapitlet for oss blant annet dette.

I våre analyser av trendutviklingen fra TIMSS Advanced 2008 til TIMSS Advanced 2015 begrenser vi oss til å se på Norge, og vi tar for oss trendoppgavene fra 2008. Dette er altså de oppgavene som var felles for TIMSS Advanced 2008 og 2015. Tabell 6.5 viser hvordan differansene NF-F og NT-T har utviklet seg for Norge fra 2008 til 2015.

Tabell 6.5 Utvikling i differansene NF-F og NT-T fra 2008 til 2015 for Norge i TIMSS Advanced fysikk og matematikk. Disse tallene gjelder for trendoppgavene, altså oppgavene som var med både i 2008 og 2015.

Fag	Differanse NF-F i 2015 minus differanse NF-F i 2008 (prosentpoeng)	Differanse NT-T i 2015 minus differanse NT-T i 2008 (prosentpoeng)
Fysikk	13,0	14,1
Matematikk	5,7	-1,6

Endringen i differansen NF–F for gjennomsnittlige p -verdier i Norge fra 2008 til 2015 er 5,7 prosentpoeng på mengden av trendoppgaver i matematikk. Dette indikerer at elevenes preferanse for oppgaver som ikke avhenger av formler, er blitt styrket fra 2008 til 2015. Endringen i NT–T for gjennomsnittlige p -verdier i Norge er derimot –1,6 prosentpoeng, noe som indikerer at norske elever har blitt mer positive til oppgaver som er avhengige av matematiske teoremer fra 2008 til 2015. Dette siste kan indikere at den norske læreplanen er blitt bredere, jamfør ovenfor. Vi kan ikke si noe om signifikans her, men bildet er likevel interessant. Selv om Norge generelt sett går noe fram i matematikk fra TIMSS Advanced 2008 til TIMSS Advanced 2015, øker altså forskjellen NF–F med 5,7 prosentpoeng.

Framgangen for Norge i matematikk fra 2008 til 2015 er med andre ord primært knyttet til kategorien NF, det vil si oppgaver som ikke involverer formler. Siden det er rimelig å anta at det typisk er grunnleggende algebra som er mest relevant for fysikkoppgaver, er det interessant å se den norske tilbakegangen i TIMSS Advanced fysikk fra 2008 til 2015 (Grønmo et al., 2016) i lys av dette. Konkret kan dette bidra til å forklare det «spriket» i utvikling som vi ser i Norges generelle prestasjonsnivåer i TIMSS Advanced matematikk og fysikk fra 2008 til 2015. Selv om Norge går fram i matematikk totalt sett, indikerer funnene vi har beskrevet her, at denne framgangen primært kan være knyttet til typer matematikk som ikke er direkte relevante for fysikkfaget. Dermed kan man ikke uten videre tolke spriket i utvikling mellom matematikkprestasjoner og fysikkprestasjoner i TIMSS Advanced fra 2008 til 2015 som en indikasjon på at betydningen av matematikk er svekket, eller eventuelt at den generelt er svakere enn tidligere forskning har funnet indikasjoner på (Lie et al., 2010; Nilsen et al., 2013a).

I fysikk ser vi fra tabell 6.5 at både differansen NF–F og differansen NT–T i gjennomsnittlige p -verdier for trendoppgavene fra 2008 til 2015 øker, med henholdsvis 13,0 prosentpoeng og 14,1 prosentpoeng. Her har vi altså indikasjoner på en klar kompetansedreining i kvalitativ retning i begge dimensjoner når det gjelder de norske elevene. Se kapittel 2 og 4 for mer om dette.

Noen av trendoppgavene brukt i TIMSS Advanced fysikk 2015 hadde tidligere vært brukt ikke bare ved gjennomføringen i 2008, men også ved gjennomføringen i 1995. Totalt er det ni slike fysikkoppgaver, og tabell 6.6 gir en oversikt over dem. Tabellen gir en kort beskrivelse av oppgavenes fysikkinnhold samt utviklingen i Norges p -verdi på oppgavene fra 2008 til 2015.

Tabell 6.6 Utvikling i norske p -verdier fra 2008 til 2015 for trendoppgaver i TIMSS Advanced fysikk som var med i både 1995, 2008 og 2015.

Trendoppgave nummer	Beskrivelse av oppgavens fysikkfaglige tema	Norges p -verdi i 2015 minus Norges p -verdi i 2008 (prosentpoeng)
1	Fraunhofer-linjer, mørke linjer i solspekteret	+4,2
2	Kraft når to kraftmålere drar i hverandre, fjærkonstant	+1,2
3	Rutherford-spredning Svar: Må flytte GM-røret	-8,9
4	Fly i sirkulær bane, vektløse, fart?	-4,2
5	Hvilken prosess overfører energi fra sol til jord? (Stråling)	-20,9
6	Retning av kraft på leder i magnetisk felt	-9,0
7	Fotoelektrisk effekt	-13,7
8	Strømkrets, hvilken lyspære bruker minst energi	-5,7
9	Kjernereaksjon	+5,0

De fleste endringene i p -verdi man finner i tabell 6.6, er negative. Dette henger naturlig sammen med at Norge hadde tilbakegang i samlede fysikkprestasjoner fra TIMSS Advanced 2008 til TIMSS Advanced 2015. Tabell 6.7 angir utviklingen i Rasch-parametre for de samme oppgavene som omhandles i tabell 6.6, altså trendoppgavene i TIMSS Advanced fysikk som var med i studien i både 1995, 2008 og 2015.

I tabell 6.7 angir «Location» oppgavens plassering på Rasch-skalaen. Jo høyere tall, desto høyere vanskegrad. «Slope» (stigningstall) angir oppgavens diskrimineringssevne i Rasch-modellen. Se Appendiks C i Arora, Foy, Martin & Mullis (2009). Se også Martin, Mullis & Hooper (2016a).

Tabell 6.7 Rasch-parametre for de ni trendoppgavene i TIMSS Advanced fysikk som var med i både 1995, 2008 og 2015. «Location» angir vanskegrad relativt til de øvrige oppgavene, der høyere tall svarer til høyere vanskegrad. «Slope» angir diskriminering, altså oppgavens evne til å måle forskjell mellom elevenes kompetanse.

Trendoppgave nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Location 95	1.545	1.456	1.129	0.404	0.076	1.048	0.741	1.252	2.029
Location 08	1.109	1.392	1.306	0.410	0.349	1.167	0.410	0.982	1.824
Location 15	0.750	1.357	1.525	0.512	0.616	1.341	0.276	1.147	1.626
Slope 95	0.747	1.602	0.963	1.230	0.594	1.045	0.273	0.654	0.815
Slope 08	0.444	1.323	0.885	0.926	0.556	0.986	0.264	0.526	0.573
Slope 15	0.301	1.392	0.914	0.896	0.903	1.132	0.301	0.633	0.521

Fra tabell 6.7 kan vi se at det ikke er noen vesentlige, systematiske endringer i «location» fra 1995 via 2008 til 2015. Det er altså ikke slik at trendoppgavene *gjennomgående* framstår som enklere/vanskeligere sammenliknet med andre oppgaver i TIMSS Advanced fysikk 2015 enn de gjorde sammenliknet med andre oppgaver i TIMSS Advanced fysikk 1995. Dette indikerer at skalaforankringen i TIMSS Advanced fra 1995 via 2008 til 2015 fungerer, noe den selvsagt bør. Imidlertid kan vi se at den utviklingen som vises for Norge i tabell 6.6 for flere av de enkeltstående trendoppgavenes vedkommende, samsvarer med utviklingen i oppgavens vanskegrad målt i forhold til den fulle internasjonale populasjonen. For eksempel gjelder dette trendoppgave 5, som både i Norge og internasjonalt falt vanskeligere ut i 2015 enn i 1995.

6.3 Oppsummering

I hovedtrekk samsvarer de geografiske prestasjonsprofilene man ser i TIMSS Advanced 2015 med tidligere forskning. Resultatene vedrørende sammenhengen mellom elevprestasjoner i fysikk/matematikk og oppgavenes avhengighet av matematisk teori som er beskrevet i delkapitlene 5.1 og 5.2, viser at det er ulike kulturer og tradisjoner knyttet til matematikkundervisningen i ulike land og i ulike deler av verden. Resultatene indikerer at disse forskjellene har å gjøre med ulik vektlegging av formell matematikk og med hvordan matematikk brukes i fysikkfaget. Som diskutert i Grønmo & Hole (2017) kan nedprioritering av formell matematikk resultere i progresjonsproblemer innad i matematikk-

faget når man ser skoleløpet under ett. Det kan også, som vi har diskutert i dette kapitlet, påvirke læring og prestasjoner i fag som fysikk, som bruker matematikk som et redskap.

I matematikk gikk Norge totalt sett noe fram fra TIMSS Advanced 2008 til TIMSS Advanced 2015. Samtidig gikk Norge tilbake i fysikk. Imidlertid har vi i dette kapitlet sett indikasjoner på at den norske framgangen i matematikk primært kan være knyttet til typer matematikk som ikke er direkte relevante for fysikkfaget. Våre resultater indikerer at man må gå dypere inn i hvilken type matematikk som er viktig i fysikk, for å forstå hvorfor vi kan ha framgang i matematikk og samtidig tilbakegang i fysikk.

Like muligheter – tilpasset opplæring for elever med interesse og talent for fysikk

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Idealet om like muligheter for alle elever, både høytpresterende og de som sliter faglig, jenter som gutter, står sterkt i Norge. Dette er nedfelt i både læreplaner og lovverk. Med det som utgangspunkt presenterer vi i dette kapitlet resultater knyttet til hvor godt norsk skole tar vare på elever med interesse og talent for fysikk, og drøfter disse i lys av at alle elever i skolen har krav på tilpasset opplæring.

I 1995 var de norske elevenes prestasjoner i fysikk i slutten av videregående skole, målt gjennom TIMSS Advanced, helt på topp internasjonalt. Ser vi på de norske resultatene fra de tilsvarende studiene i 2008 og 2015, har det vært en markant og jevn nedgang (se kapittel 3 for mer om dette). Både den internasjonale og den nasjonale rapporten fra 1995 pekte på at norske elevers resultater var meget gode, med det høyeste gjennomsnittlige prestasjonsnivået av alle land for de populasjonene som ble testet. Samtidig ble det pekt på at andelen elever som valgte faget i Norge, var lavere enn i mange andre land. Problematikken rundt hvordan man skulle rekruttere flere elever til å velge fysikk, spesielt flere jenter, var den utfordringen Norge sto overfor etter 1995-studien.

I 2015 er situasjonen at i tillegg til en dramatisk nedgang i prestasjoner, har prosentandelen som velger faget gått ned med 2 prosentpoeng. Det er antakelig flere grunner til denne negative utviklingen både i prestasjoner og i andel som velger faget. I kapittel 6 har vi pekt på faktorer som at norske elevers prestasjoner i fysikk er avhengige av at de behersker matematikk relativt godt, da matematikk er et viktig redskapsfag i fysikk. Norske elevers matematikkprestasjoner har også gått markant ned i den perioden vi her ser på. I kapittel 3 blir det pekt

på at elevenes prestasjoner i naturfag i grunnskolen har hatt en klar nedgang i samme periode, noe som også kan antas å være en årsak til den nedgangen vi måler i slutten av videregående skole i fysikk.

I dette kapitlet ser vi på og drøfter hvordan nedgangen i prestasjoner og i andel elever som velger faget, fordeler seg på de høytpresterende elevene og på de elevene som sliter mer faglig. Dette er et elevperspektiv på utviklingen, et perspektiv som blant annet sier noe om hvor god skolen er til å ta vare på talentfulle elever. Vi ser også på problematikken rundt den negative utviklingen i fysikkfaget i et mer samfunnsmessig perspektiv. Her er det relevant å se på hvor stor andel av et årskull skolen utdanner til å bli det vi kan kalle eksperter i fysikk fra videregående skole. I drøftingene er det rimelig å knytte dette til samfunnets behov for teknologisk og realfaglig kompetanse generelt.

Vi tar også opp og drøfter spesielt jentenes situasjon når det gjelder fysikk i skolen. Tradisjonelt har fysikk vært et mannsdominert område, og det er derfor interessant å undersøke i hvilken grad man kan si at den norske skolen stimulerer jenter med interesse og talent for fysikk til å velge faget, og til å prestere bra i det. Målet er at de resultatene vi legger fram, kan bidra til en dypere forståelse av situasjonen, og til å gi indikasjoner på hva som kan gjøres for å bedre den.

7.1 Skolens ansvar for talentfulle elever i fysikk (Preges norsk skole av holdningen at «de flinke elevene greier seg selv»?)

I hvilken grad norsk skole lykkes i å gi norske elever den typen tilpasset opplæring som de har rett på etter læreplaner og lovverk, er et sentralt spørsmål når man diskuterer kvaliteten til skolen. *Tilpasset opplæring for elever med stort læringspotensial* fra Utdanningsdirektoratet starter med å peke på at

Lærere bør ta utgangspunkt i elevenes ståsted og kjenne deres faglige sterke sider for å kunne tilpasse opplæringen. Dette er positivt for alle elever, men helt avgjørende for dem med et stort læringspotensial. Ved å få bryne seg på komplekse og spesielt utfordrende oppgaver på de områdene de har et særskilt talent for, vil elevene få lyst til å lære og utvikle en indre motivasjon.

(Utdanningsdirektoratet, 2019b)

Jøsundutvalget, som hadde som mandat å se spesielt på hvordan man skulle få til bedre læring for elever med stort læringspotensial, anbefalte at nasjonale myndigheter burde justere opplæringslovens § 1-3 for å tydeliggjøre at lovbestemmelsen også inkluderer elever med stort læringspotensial (NOU, 2016, s. 13).

Problematikken rundt tilpasset opplæring for elever med talent og/eller interesse for fysikk tar vi opp i dette kapitlet. Vi ser på og drøfter den markante nedgangen vi har sett i norske elevers fysikkprestasjoner målt i det siste året i videregående skole relatert til ulike grupper av elever, fra de som presterer på det TIMSS Advanced har definert som avansert nivå til høyt nivå og middels nivå. Vi sammenlikner andelene av årskullet i de ulike studiene som når de forskjellige kompetansenivåene slik de er definert i TIMSS Advanced, se tekstboks 7.1.

Tekstboks 7.1 *Beskrivelser av de tre kompetansenivåene i fysikk, TIMSS Advanced*

Avansert kompetansenivå
(625 poeng på TIMSS Advanced måleskala)

Elevene viser forståelse for fysiske lover og løser problemer i praktiske og abstrakte kontekster. De anvender kunnskap om bevegelse av legemer i fritt fall, om varme og temperatur og om elektriske kretser og elektriske felt. Elevene viser teoretisk og praktisk forståelse for magnetfelt og egenskaper ved mekaniske og elektromagnetiske bølger, og viser teoretisk og praktisk forståelse for atom- og kjernefysikk. Elevene kan planlegge eksperimenter og tolke resultater, trekke ut informasjon fra komplekse diagrammer og grafer som representerer fysiske begreper, og bruke dette til å løse oppgaver, gjøre utregninger i flere trinn for fysiske størrelser i et bredt spektrum av fysiske kontekster, trekke konklusjoner om fysiske fenomener og gi forklaringer som viser vitenskapelig kunnskap.

Høyt kompetansenivå
(550 poeng på TIMSS Advanced måleskala)

Elevene anvender grunnleggende fysiske lover til å løse oppgaver i ulike situasjoner. De bruker kunnskap om kraft og bevegelse, viser forståelse for

(fortsetter neste side)

(Tekstboks 7.1 fortsatt)

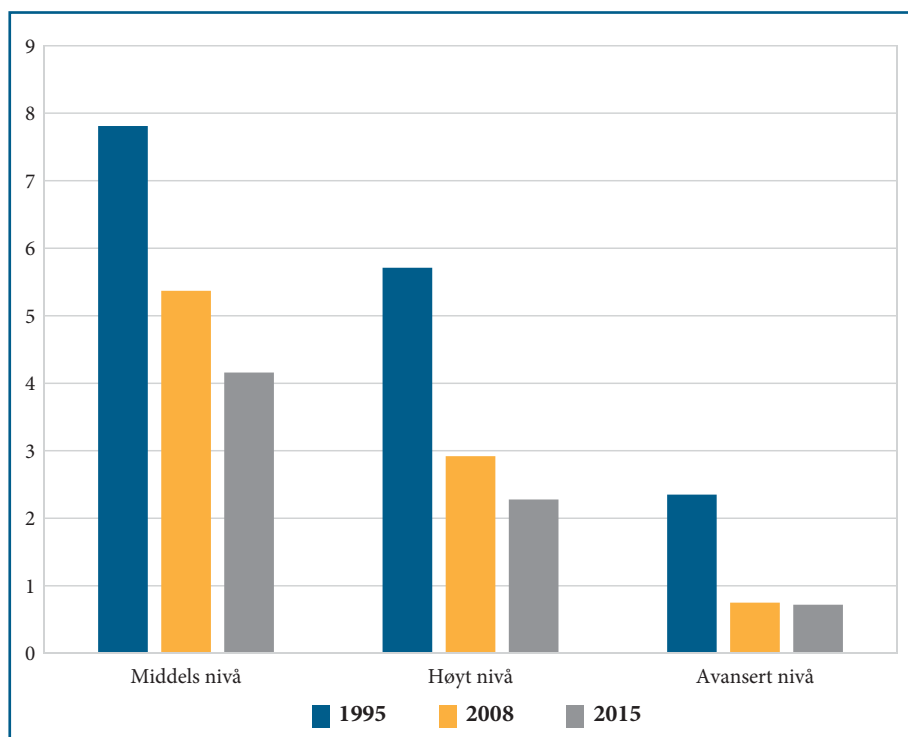
lovene om bevaring av energi og bevegelsesmengde, og bruker kunnskaper om varme og temperatur til å løse oppgaver. Elevene bruker kunnskap om Ohms lov og Joules lov på elektriske kretser, løser oppgaver om ladde partikler i elektriske og magnetiske felt, og bruker kunnskap om magnetfelt og elektromagnetisk induksjon til å løse oppgaver. De viser forståelse for fenomener tilknyttet elektromagnetiske bølger og kunnskap om kjernereaksjoner. Elevene tolker informasjon i komplekse diagrammer og grafer som representerer fysiske begreper, utleder formler og gjennomfører beregninger av fysiske størrelser i mange ulike fysiske kontekster, vurderer forklaringer på fysiske fenomener, og gir korte forklaringer som viser vitenskapelig kunnskap.

Middels kompetansenivå

(475 poeng på TIMSS Advanced måleskala)

Elevene viser noe grunnleggende kunnskap om fysikken som ligger under en del ulike fenomener. De bruker sine kunnskaper om kraft og bevegelse til å løse oppgaver, anvender kunnskap om varme og temperatur på energi-overføringer, og anvender bevaringslover i hverdagslige og abstrakte situasjoner. De viser kunnskaper om elektriske felt, punktladninger og elektromagnetisk induksjon. Elevene anvender kunnskaper om fenomener tilknyttet mekaniske og elektromagnetiske bølger og kunnskaper om atom- og kjernefysikk for å løse oppgaver. Elevene tolker informasjon i diagrammer og grafer for å løse oppgaver, beregner fysiske størrelser i mange ulike kontekster, og vurderer utsagn som er forklaringer på fysiske fenomener.

Figur 7.1 viser hvor store andeler av årskullet som nådde hvert av de tre kompetansenivåene i hver av de tre TIMSS Advanced-studiene. For å forstå figuren er det viktig å legge merke til to ting: For det første gjelder prosenttallene ikke andeler av de respektive populasjonene som ble undersøkt, men andeler av de respektive *årskullene*. For det andre skal diagrammet forstås *kumulativt*; det betyr at elever som nådde høyt nivå, også er regnet med blant de elevene som nådde middels nivå, og at elever som nådde avansert nivå, også er regnet med blant de elevene som nådde hvert av de to lavere nivåene.

Figur 7.1 Prosentandeler av årskull som når ulike kompetansenivåer i TIMSS Advanced

Som vi ser av figuren, er det en klar nedgang i Norge når det gjelder andel elever som når de definerte kompetansenivåene. I gruppene middels nivå og høyt nivå var det først en nedgang fra 1995 til 2008, deretter fortsetter nedgangen fra 2008 til 2015. Andelen elever av årskullet som når middels kompetansenivå i TIMSS Advanced, har sunket fra nesten 8 % av årskullet i 1995 til vel 4 % av årskullet i 2015. Andelen elever som når høyt nivå, har sunket fra nesten 6 % i 1995 til vel 2 % i 2015. Nedgangen i prestasjoner for elever som presterer på avansert nivå, skjedde fra 1995 til 2008. Etter 2008 har andelen av årskullet som når dette nivået, vært tilnærmet konstant.

Ser vi næyere på hvor stor nedgangen er på de enkelte nivåene, har andelen av elever som når middels nivå blitt nesten halvert fra 1995 til 2015, mens andelen som når høyt nivå, er blitt mer enn halvert i samme tidsrom. Andelen som når avansert nivå, er redusert til mindre enn en tredel av hva den var i 1995. Norge utdanner altså langt færre elever med god kompetanse i fysikk fra videregående skole i 2015 enn det de gjorde i 1995. Dette gir indikasjoner på at man i norsk skole ikke lenger tar godt vare på elever med interesse og

talent for fysikk. Samtidig har antakelig behovet for personer med kompetanse i fysikk økt, og vil sannsynligvis øke ytterligere.

At nedgangen er størst for de best presterende elevene, er verdt å merke seg. Basert på data over 20 år har man belegg for å si at nedgangen i fysikk i slutten av videregående skole i størst grad har rammet de flinkeste elevene, de vi kan kalle elever med spesiell interesse og talent for faget.

Den markante nedgangen vi måler for fysikk i TIMSS Advanced, har som tidligere nevnt flere årsaker. Vi har her pekt på at det er de høyestpresterende elevene som har hatt den mest negative utviklingen. I denne boka peker vi gjentatte ganger på at for å forstå hva som skjer i videregående skole, må vi også se på situasjonen i grunnskolen.

Det er interessant at våre analyser av utviklingen i videregående skole er konsistent med konklusjoner av utviklingen over tjue år i grunnskolen; det er de flinkeste elevene som ser ut til å ha tapt mest. Den nedgangen som ble målt i de internasjonale studiene TIMSS og PISA tidlig på 2000-tallet, ble etterfulgt av «*En (nesten) like stor framgang i siste halvdel av perioden*» (Olsen & Björnsson, 2018, s. 22). Men framgangen i siste halvdel var i hovedsak en framgang for elevene nederst i skårfordelingen, noe som fikk Olsen & Björnsson (2018, s. 24) til å konkludere: «*Helt overordnet er det slik at 'nedgangstiden' er et allment fenomen, mens 'oppgangstiden' først og fremst gjenspeiler et løft i bunnen av fordelingen.*»

Basert på analyser av hele grunnutdanningen i Norge, bestående av barne-skolen, ungdomsskolen og videregående skole, ser det ikke ut til at man tar på alvor det ansvaret skolen er pålagt etter læreplaner og lovverk, om å gi alle elever en best mulig tilpasset opplæring. Første setning i Læringsplakaten peker på at skolen har ansvar for å «*gi alle elever og læringar/lærekandidatar like gode føresetnader for å utvikle evner og talent individuelt og i samarbeid med andre*» (Utdanningsdirektoratet, 2016). Basert på en rekke analyser over 20 år, og på alle nivåer i skolen, kan vi fastslå at det er elever med stort læringspotensial som ser ut til å lide mest med den utviklingen vi har hatt i skolen de siste tiårene. Vi bruker her begrepet stort læringspotensial ikke bare om et par prosent av elevene, slik noen gjør. Vi tenker her på minst halvparten av elevene, som med bedre tilpasset opplæring kunne prestert langt bedre enn det de gjør i dag.

Andre grunner til at det særlig er elever med stort læringspotensial som ser ut til ikke å få den undervisningen de har krav på, kan ha å gjøre med holdninger både i skolen og i samfunnet generelt. Sitatet nedenfor fra sentrale pedagogiske forskere peker på noen av de utfordringene vi har i den forbindelse:

For å oppsummere her kan vi konkludere med at norsk skole grovt sett, og med en del unntak, preges av to stereotypiske oppfatninger, nemlig at

- *de spesielt begavede klarer seg selv, og skolen trenger ikke bry seg så mye*
- *tilpasset opplæring for evnerike elever dreier seg om elitisme, og det må vi passe oss for*

Videre har lærere og skolefolk flest mangelfulle kunnskaper og for liten kompetanse når det gjelder evnerike elever. (Skogen, 2014, s. 47)

Troen på at de flinke elevene greier seg godt uansett, og at skolen ikke trenger å bry seg så mye, ser ut til å være dypt rotfestet i Norge, kanskje spesielt blant folk som arbeider med skole og utdanning. Men som Idsøe (2014) peker på i forordet til boka om elever med akademisk talent, er det mer rimelig å anta at «Uten støtte fra signifikante andre og muligheter gjennom tilrettelegging i skolen er det sannsynlig at potensialet til de talentfulle elevene går til spille». Våre analyser gir støtte til at dette er blitt et større problem i norsk skole de siste tjue årene.

En annen mulig årsak til nedgangen, som også Skogen peker på, er hvilket faglig grunnlag lærerne har i skolen. I allmennlærerutdanningen i Norge har det vært mye vekt på generell pedagogisk kunnskap i forhold til faglige og fagdidaktiske kunnskaper.

Norsk skole er bygget på allmennlærere med middels lang utdanning. Relativt få norske lærere har en mastergrad (ca. 10 % og 20 % på hhv. barne- og ungdomstrinnet), og relativt få lærere rapporterer at de har utdanning med spesialisering i det faget de underviser i [...]. I stor grad gjenspeiler dette at det norske utdanningssystemet har hegnet om allmennlæreren.

(Olsen & Björnsson, 2018, s. 25)

Spørsmålet om lærernes kompetanse er også knyttet til den etter- og/eller videreutdanning lærere i skolen tilbys. Sitatet under er tankevekkende:

Et ikke like flatterende trekk ved norsk skole er manglende volum og systematikk i den kontinuerlige kompetansehevingen eller etterutdanningen av lærere – i alle fall når det gjelder tiltak rettet mot spesifikke fag. Dette er dokumentert gjennom alle de internasjonale studiene som har inkludert spørreskjemaer til lærerne. I tillegg viser TIMSS-studien at deltakelsen i faglig relevant etterutdanning har sunket betydelig fra 2007 til 2015 (Kaarstein, Nilsen, & Blömeke, 2016). Det er imidlertid rimelig å forvente at de siste årenes endringer i både organisering og volum av etter- og videreutdannings-tilbudet vil føre til en framgang neste gang dette blir kartlagt i TALIS 2018 og TIMSS 2019. (Olsen & Björnsson, 2018, s. 25, vår utheving)

En måte å få til kompetanseheving for lærerne på kan være å legge mer vekt på faglig kunnskap i grunnutdanningen, så vel som i etter- og videreutdanningen. Den nåværende grunnskolelærerutdanningen hvor alle skal ta mastergrad, kan, avhengig av hva som vektlegges av innhold, bidra her. Studien av norske matematikklærere for alle nivåer i skolen i 2008, TEDS-M, viste at det var et gjennomgående trekk at framtidige lærere var relativt svake i faglig kunnskap sammenliknet med lærere i andre land (Grønmo & Onstad, 2012a). Det er liten grunn til å tro at situasjonen er bedre for et fag som fysikk, sannsynligvis er det motsatte tilfellet.

Kapittel 12 tar opp og drøfter problematikken rundt denne utviklingen for Norge i et videre samfunnsperspektiv.

7.2 Skolens ansvar for å stimulere jentene i fysikk

Den norske rapporten fra TIMSS Advanced fysikk i 1995, med Norge på topp i gjennomsnittlige prestasjoner (Angell, Kjærnsli & Lie, 1999), har vist at det er mulig for Norge å prestere godt i de internasjonale komparative studiene. Nå er det ikke noe mål i seg selv å gjøre det godt i slike studier; vi skal ikke bli styrt av, eller ta avgjørelser med mål om å prestere godt i disse. Studiene er viktige med sikte på å analysere de dataene vi får i en norsk kontekst, og behandle resultatene som bakgrunnsinformasjon som kan hjelpe oss å forbedre under-

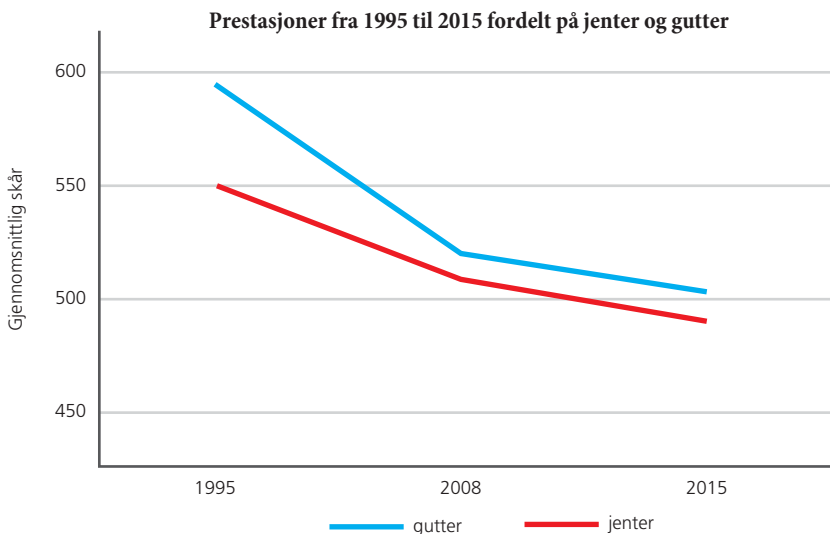
visningen i skolen. Et av de problemene som vi har fått godt dokumentert i TIMSS Advanced allerede fra 1995, er vansker med å rekruttere jenter til å velge fysikk i videregående skole. Videre presterer jentene svakere enn det guttene gjør, slik følgende sitat viser:

For samtlige land gjelder det at guttene skårer mye høyere enn jentene. Dette gjelder også for norske elever selv om de ikke utmerker seg med spesielt store forskjeller i forhold til de andre landene. Sett i sammenheng med at Norge har lav jenteandel totalt sett, er dette imidlertid et lite oppmuntrende resultat. (Angell et al., 1999, s. 106)

Det er interessant å se hvordan forskjellene mellom jenters og gutters prestasjoner har endret seg med den markante generelle nedgangen i prestasjoner vi har hatt i Norge. Figur 7.2 viser endringene i gjennomsnittlige prestasjoner for norske jenter og gutter i TIMSS Advanced-studiene fra 1995 til 2015.

Som det framgår av figuren, har nedgangen for jenter og gutter vært omtrent den samme i hele perioden. Totalt har jentenes prestasjoner sunket med 64 poeng, og guttenes med 76 poeng, på en skala med standardavvik 100. At guttenes prestasjoner har sunket litt mer enn jentenes, kan jo tolkes som om

Figur 7.2 Prestasjoner i fysikk i TIMSS Advanced 1995–2015 fordelt på jenter og gutter



man har tettet noe av gapet mellom kjønnene når det gjelder prestasjoner. Men det er ikke den måten man ønsker å gjøre kjønnsforskjellene mindre på; målet må være å få jentene til å prestere bedre.

Da Stoltenberg-utvalget (NOU, 2019) kom med sin rapport, ble det i debatten lagt stor vekt på at rapporten konkluderte med at guttene tapte for jentene i alle fag i skolen, unntatt i gym. Inntrykket av at guttene taper for jentene i skolen, er befestet gjennom lang tid, blant annet basert på måten forskningsresultater presenteres på i media. «Flinke piker, skoletapergutter» var tittelen på en artikkel i *Forskning* fra 2014. Der ble det skrevet:

Diskusjonen dukker opp hvert år ved skolestart. Gutter er tapere i skole-systemet, jenter er vinnere. Nå er kvinner i flertall, melder NRK, ved en rekke høyere utdanninger som krever gode karakterer, som medisin, odontologi og jus. Men forskjellene starter mye tidligere. Allerede i grunnskolen har jentene et forsprang, viser tall fra Utdanningsdirektoratet. De får bedre karakterer i alle fag unntatt gym. I videregående skole er kjønnsforskjellene tydeligst i fag som norsk, samfunnsfag og fremmedspråk. Det er også flere gutter enn jenter som dropper ut. (Kvittingen, 2014)

Aftenposten (kilde NTB) skrev på tilsvarende måte:

Gjennomgangen viser blant annet at jenter som gruppe gjør det betydelig bedre på skolen enn guttene. Dette gjelder spesielt innen lesing, hvor jentene i snitt ligger nærmere et helt skoleår foran guttene. Men jentene har også tatt igjen forspranget guttene tradisjonelt har hatt innen realfagene og får nå i snitt høyere karakterer i de fleste fag. (NTB, 2014)

Det inntrykket denne typen artikler gir, er noe av bakgrunnen for at man satte ned Stoltenberg-utvalget, som skulle se spesielt på guttenes situasjon i grunnskolen. Det var naturlig at man satte ned et slikt utvalg; man trengte å se på hva årsakene kunne være til den skjevheten man opplevde når det gjaldt guttenes prestasjoner i grunnskolen. Det er imidlertid et problem at man ved en for ensidig vekt på grunnskolen gir et litt feilaktig inntrykk av hvordan situasjonen er for realfagene i Norge. Tar man med resultatene fra videregående skole, gjør gruppen av gutter det fortsatt klart bedre enn jentene i realfag som fysikk og matematikk, både i andel som velger faget og i faglige prestasjoner. Som vi

nevner flere ganger i denne boka, har man i Norge over lengre tid lagt for stor vekt på grunnskolen, og for liten vekt på videregående skole, til tross for at grunnopplæringen i dag består av både grunnskole og videregående skole (for mer om dette, se kapittel 12). Man må derfor se på hele skoleløpet 1–13 før man trekker klare konklusjoner.

Vi har gode data for fysikk og matematikk over 20 år i videregående skole (fra 1995), og vi får et helt konsistent og stabilt bilde av situasjonen. Det er klart flere gutter enn jenter som velger fagene; likevel presterer den mindre andelen jenter av årskullet svakere enn den større andelen gutter av årskullet. Bildet er derfor langt mer sammensatt enn det de generelle konklusjonene i sitatene over gir inntrykk av. Det er et problem i grunnskolen at guttene generelt presterer svakere enn jentene, men det er et minst like stort problem at vi i videregående skole fortsatt sliter med at for få jenter velger fysikk og matematikk, og at deres prestasjoner er svakere enn guttenes. Begge disse problemene må tas på alvor.

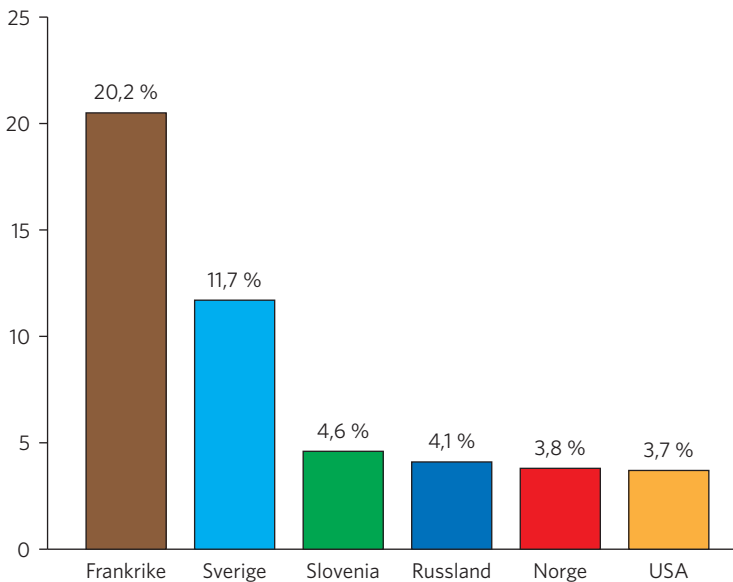
Et av problemene for gutter i grunnskolen som Stoltenberg-utvalget pekte på (NOU, 2019), var måten man beregner grunnskolepoeng på. Elevene får tre karakterer i norsk: bokmål skriftlig, nynorsk skriftlig og muntlig norsk. I matematikk får elevene én karakter. Alle karakterene teller likt. Det betyr at for elever som satser på et godt resultat fra grunnskolen, noe som er viktig for opptak til videregående skole, lønner det seg å satse mer på å prestere godt i norsk, enn på å gjøre det godt i matematikk. I det andre viktige språkfaget, engelsk, får elevene to karakterer, så også dette språkfaget teller mer enn matematikkarakteren. Denne måten å telle poeng på i grunnskolen er problematisk for guttene, fordi språkfag (inkludert norsk) er fag hvor jentene, både tradisjonelt og i dag, presterer langt bedre enn guttene. Real FAG, som matematikk og fysikk, er områder hvor guttene, både tradisjonelt og i dag, presterer bedre enn jentene hvis vi inkluderer videregående skole i vurderingen.

Et annet problem med måten man beregner grunnskolepoeng på, er at det gir signaler til elevene, allerede i ung alder, om hvilke fag det er viktig å gjøre det godt i. Det signalet kan være en bidragsyter til at færre jenter velger real FAG som fysikk i Norge, sammenliknet med mange andre land. Stoltenberg-utvalgets forslag om å beregne grunnskolepoeng vektet etter antall timer i faget (NOU, 2019), ville rettet opp denne skjevheten mellom fag. Dette forslaget ville også redusert den gjennomsnittlige poengforskjellen mellom jenter og gutter ut fra grunnskolen med 8 % (NOU, 2019). Mer om dette i drøftingene i kapittel 12.

I fysikk (og også i matematikk) er det fortsatt guttene som gjør det klart best hvis vi går til slutten av videregående skole, i Norge som i de fleste andre land. Som påpekt innledningsvis: Skal man diskutere grunnutdanningen i Norge i dag, kan man ikke bare se til grunnskolen, man må også ta med videregående skole. På noen områder, som lesing, er det viktig å stimulere guttene, mens det på andre områder, som i de såkalt harde realfagene, er viktig at skolen stimulerer jentene. For mer, se kapittel 7 i Mullis, Martin & Loveless (2016d).

Utfordringene knyttet til jenter og fysikk i Norge går både på prestasjoner og på andelen jenter som velger faget. Figur 7.3 viser andelen av årskullet jenter i Norge som velger fysikk til topps i videregående skole, sammenliknet med tilsvarende tall for andre land.

Figur 7.3 Prosentandel av hele årskullet jenter som er med i populasjonen testet i fysikk i TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.



7.3 Spredning i elevprestasjoner

Nedgangen i fysikkprestasjoner i Norge i TIMSS Advanced fra 1995 til 2015 har særlig rammet elevene i den øverste delen av fordelingen, se figur 7.1. Andelen elever av årskullet som når de høyeste kompetansenivåene, har sunket mer enn andelen elever som når midlere nivå. Det har ført til mindre spredning i prestasjoner mellom elevene. Målet om liten spredning kom særlig inn i skoledebatten med PISA-studien som startet i 2000. Nå er ikke dette målet helt uproblematisk. I PISA har det vært et uttalt mål at liten spredning i resultater mellom elevene er et mål på hvor godt man lykkes i skolen.

Også når det gjelder spredning, er det interessant å sammenlikne Norge med de andre nordiske landene og med gjennomsnittet for OECD-landene. [...] Det framgår tydelig [...] at vårt land har gjennomgående størst spredning blant elevene, og særlig i lesing er spredningen påfallende stor. Med den sterke vekten det for tida legges på å utjevne forskjeller, fortoner disse resultatene seg som svært problematiske. Norsk skole kan ifølge dette i liten grad sies å lykkes med å redusere forskjeller mellom elevene. Flere steder i denne boka blir elevgrupper sammenliknet for å se hvilke faktorer som ligger bak disse forholdsvis store forskjellene mellom elever. Dette gjelder særlig forskjeller mellom kjønn [...], mellom skoler [...] og mellom elever med forskjellig hjemmebakgrunn [...].

For øvrig er det all grunn til å merke seg de lave spredningstallene for Finland. Det er bemerkelsesverdig hvordan finske elever markerer seg både med svært høyt gjennomsnitt og med lav spredning i alle tre fagene. I så måte framstår Finland som det landet i PISA som klart lykkes aller best. (Kjærnsli, Lie, Olsen & Roe, 2007, s. 25)

Det har blitt framhevet at det er et mål å ha liten spredning i prestasjonene i en populasjon. Det store spørsmålet blir da hvordan man oppnår et slikt mål. I den internasjonale boka om 20 år med TIMSS og TIMSS Advanced problematiseres dette:

The third implication concerns high achievers. Efforts to close achievement gaps are popular among contemporary policy makers. Unfortunately, gaps between low and high achieving students will shrink if low achievers' scores

are static and the scores of high achievers decline. Although enhancing equality, that is hardly an ideal scenario. TIMSS scores identify many countries that have been able to boost achievement across the continuum of achievement and, with achievement rising just a bit more among low achievers, have reduced achievement gaps as well. (Mullis, Martin & Loveless, 2016d, s. 68)

Når dette ble pekt på som et mål, lå det antakelig implisitt at man ønsket å oppnå mindre spredning ved å heve de elevene som presterte svakt, ikke at de best presterende elevene skulle prestere svakere. Men i Norge har vi fått mindre spredning i resultatene i fysikk i videregående skole ved at prestasjonene til de best presterende elevene har sunket, på samme måte som forskjellene mellom jentenes og guttenes prestasjoner har sunket ved at guttene har hatt en litt større nedgang. Tendensen med reduksjon av spredningen i en populasjon ved at de sterkeste elevene presterer svakere, har man også hatt i grunnskolen. Olsen & Björnsson (2018) oppsummerte at det først var en stor nedgang som gjaldt alle elever, før man fikk en oppgang som først og fremst var et løft for de svakeste elevene. Verken i fysikk i videregående skole eller i naturfag i grunnskolen var det på denne måten man ønsket å få til mindre spredning.

Målet om liten spredning kan også problematiseres av andre grunner, for eksempel i relasjon til et ønske om sosial mobilitet. Hvis den offentlige skolen ikke gir elever med interesse og talent for et fag tilpasset undervisning slik at de kan nå lengst mulig i faget, kan det være elever med en svakere familiebakgrunn, økonomisk eller når det gjelder foresattes utdanning, som rammes hardest. Problematikk rundt et mål om liten spredning i en populasjon tas opp og drøftes mer i kapittel 12.

7.4 Noen avsluttende kommentarer

Dette delkapitlet har tatt opp situasjonen for elever med spesiell interesse og talent for fysikk, og utviklingen over 20 år for denne gruppen elever. Som et sitat i delkapittel 7.1 peker på, kan det å legge vekt på hva som tjener denne gruppen elever, lett oppfattes som en type elitisme, særlig i en norsk kontekst hvor likhetstanken står sterkt. Det har vært noe mer oppmerksomhet rundt problemstillinger om hvordan skolen behandler de talentfulle elevene i den senere tid, og det har kommet flere bøker som tar opp denne problematikken (Grønmo, 2014b; Idsøe, 2014; Jahr, 2014; Skogen & Idsøe, 2016; Wistedt, 2014).

Vi er enige i Skogen og Idsøes kommentarer om hensikten med å drøfte situasjonen for de talentfulle elevene:

Vår hensikt er ikke å løfte frem de spesielt smarte på bekostning av andre barn, slik vi kan se tendenser til i enkelte deler av verden. Vi brenner begge for en inkluderende skole som kan bidra til at alle får anledning til å utnytte sitt potensial for læring. (Skogen & Idsøe, 2016, s. 5)

Våre konklusjoner basert på 20 års forskning kan kanskje få noen til å tro at vi ønsker oss tilbake til den gamle skolen, at alt var så mye bedre før. Det gjør vi på ingen måte. På samme måte som samfunnet endrer seg, må også skolen endre seg for å møte de nye utfordringene man står overfor. Det gjelder nye utfordringer for den enkelte elev så vel som for samfunnet som sådant.

Den norske skolen har mange positive sider; utviklingen mot at en stadig større andel av elevene tar videregående skole, mot at vi tar bedre vare på de elevene som sliter, at vi i all hovedsak har en offentlig skole og en høyere utdanning som er tilgjengelig for alle, er goder som man bare kan drømme om i mange andre land. Vi vil ikke skru tiden tilbake, men vi mener det er nødvendig å ta på alvor de negative trekkene i utviklingen som vi også finner. Vi kan ikke uten videre være fornøyd med at flere får utdanning, når vi har klare resultater på ulike nivåer i skolen som indikerer at vi svikter elever med spesielle evner og anlegg for fag som fysikk og matematikk. Vi ønsker ikke å sette ulike elevgrupper opp mot hverandre; alle elever har, slik lovverk og læreplaner understreker, samme rett til en tilrettelagt undervisning tilpasset sine evner og interesser. Det gjelder de med stort talent i et fag, på samme måte som de som sliter med å lære seg det mest grunnleggende.

Når vi tar opp situasjonen for elever med talent for fysikk og peker på den klare nedgangen i prestasjoner som vi har sett fra 1995 til 2015 for disse elevene, er det rimelig også å ta opp synet generelt i samfunnet, og i skolen spesielt, når det gjelder begrepet kunnskap:

Den «gamle puggeskolen» var til tider så fakta-orientert at den verken stimulerte forståelse eller kreativitet. Opplæringen virket ensidig «faktuell». Gir det god nok grunn til å skyve dagens skole ut i den motsatte ytterlighet og gjøre den ensidig «anti-faktuell»? Var det en god idé å innføre såkalte målstyrte kompetansemål i skolens læreplaner? (Paulsen, 2017)

Det kan se ut som om norsk skole til en viss grad har gått fra en ytterlighet til en annen. Når det gjelder skole og utdanning, dreier det seg, som på mange andre områder i samfunnet, om å finne en rimelig balanse mellom ulike hensyn og mål. Mye av diskusjonen i skoledebatten har vært influert av hvor stor vekt det skal legges på pedagogisk kunnskap versus faglig kunnskap, i hvilken grad undervisningen skal være elevsentrert eller fagsentrert, og vekten man skal legge på hva elevene skal tilegne seg av faglig faktakunnskap, i forhold til vekten man skal legge på bruk av metoder.

Oppgaver i mekanikk og termodynamikk fra TIMSS Advanced 2015

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Tor Espen Hagen

Avdeling realfag, Lillestrøm videregående skole

I dette kapitlet presenterer vi resultater fra alle de frigitte fysikkoppgavene innen fagområdet mekanikk og termodynamikk i TIMSS Advanced 2015. Kapitlet er basert på et samarbeid mellom forskere ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning på Universitetet i Oslo og realfagslærere ved Lillestrøm videregående skole i Akershus. Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt på Universitetet i Oslo har også lest og kommentert et utkast til kapitlet. Det er de som står som forfattere av kapitlet, som er ansvarlige for kommentarene til oppgavene og resultatene som presenteres her.

Over hver oppgave har vi angitt den kognitive kategoriseringen av oppgaven og en kort beskrivelse av hva oppgaven går ut på. Vi har valgt å beholde dette på engelsk her; det er for at man lettere skal kunne finne fram til internasjonale publikasjoner hvor omtale av oppgaver inngår. Ellers benytter vi norske betegnelser. De kognitive nivåene har vi oversatt på følgende måte: For den engelske betegnelsen «Knowing» bruker vi *kunne* på norsk, for «Applying» bruker vi *anvende*, og for «Reasoning» bruker vi *resonnere*. For mer om dette, se kapittel 13. Systemet som er brukt for å kode de oppgavene som ikke er flervalgsoppgaver, er også beskrevet i kapittel 13.

I resultattabellen som følger etter hver oppgave, angis det internasjonale nummeret som oppgaven har i TIMSS Advanced. Korrekt svar er markert med gul farge (og for flervalgsoppgaver også med stjerne). For oppgaver

som har vært brukt også i tidligere gjennomføringer av studien (*trendoppgaver* fra 1995 og fra 2008), har vi oppgitt resultater for Norge også i de tidligere gjennomføringene.

TIMSS Advanced er en studie av elever i det siste året i videregående skole som har valgt full fordypning i fysikk og/eller matematikk. Denne boka konsentrerer seg om å presentere resultater i fysikk; se tidligere bok om resultater i matematikk (Grønmo & Hole, 2017). Hvor stor andel av et årskull i et land som har valgt fysikk, varierer ganske mye. I sammenlikninger mellom land er det viktig å ta hensyn til dette, da det sier mye om hvor stor del av elevene i et land som når opp til et visst nivå, generelt og på enkeltoppgaver. Prosentandelen av årskullet som tar fysikk til topps, det som kalles landets *dekningsgrad* i fysikk, og gjennomsnittsalderen til elevene i de landene vi sammenlikner med, er angitt i tabell 8.1.

Tabell 8.1 Dekningsgrad og alder i sammenlikningslandene i TIMSS Advanced 2015

Land	Dekningsgrad i %	Alder
USA	4,8	18,1
Russland	4,9	17,7
Norge	6,5	18,8
Slovenia	7,6	18,8
Sverige	14,3	18,8
Italia	18,2	18,9
Frankrike	21,5	18,0

Den høyeste andelen elever som velger fysikk, har Frankrike med 21,5 % og Italia med 18,2 %. Lavest andel finner vi i USA med 4,8 %, Russland med 4,9 % og Norge med 6,5 %. Det er også noe variasjon når det gjelder elevenes alder. Italia, Norge, Sverige og Slovenia har de eldste elevene. Yngst er elevene i Russland; de er vel ett år yngre enn elevene i de fire landene med eldst elever.

Til slutt i kapitlet har vi en kort oppsummering av noen viktige fellestrekk etter gjennomgangen av oppgavene i mekanikk og termodynamikk med tittelen «Avsluttende kommentarer». Disse kommentarene danner utgangspunkt for videre drøftinger og refleksjoner i kapittel 12, som tar for seg sentrale funn som er presentert gjennom boka.

De formlene som elevene fikk oppgitt i oppgaveheftene, er gjengitt i et eget appendiks bak i boka.

8.1 Trendoppgaver

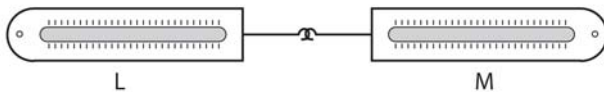
Med *trendoppgaver* menes oppgaver som har blitt brukt også i tidligere gjennomføringer av TIMSS Advanced. Disse brukes til å forankre prestasjonskalaen til de tidligere gjennomføringene. Det er bare ved å ha en del identiske oppgaver i de ulike studiene at det er mulig å sammenlikne prestasjoner på tvers av tid, altså måle trender (se kapittel 13). Først tar vi for oss trendoppgaver som ble brukt i både 1995, 2008 og 2015. Deretter ser vi på oppgaver som ble brukt i 2008 og 2015.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 1

Applying. Force on connected springs

(Kraft på sammenkoblede fjærer)

To kraftmålarar, L og M dreg i kvarandre som vist på figuren.



Dei to kraftmålarane er korrekt kalibrerte for å vise krafta i newton (N).
Vi les av krafta 4 N på L.

Kva er krafta vi les av på M dersom fjærkonstanten for L er dobbelt så stor som for M?

- (A) 2 N
 - (B) 3 N
 - (C) 4 N
 - (D) 8 N
-

PA13012		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	31	1	33	35	0
	2008	43	1	23	33	0
	2015	36	1	34	28	1
Sverige		38	1	20	37	3
USA		45	1	23	30	1
Rusland		34	1	35	29	1
Slovenia		38	1	35	26	1
Frankrike		50	1	10	36	2
Italia		51	3	9	31	6
Int. gj.snitt		41	2	24	30	3

Dette er en flervalgsoppgave som tester elevenes grunnleggende forståelse av krefter. Kognitivt er den vurdert som *anvende*.

For å løse oppgaven er det tilstrekkelig at elevene kjenner og kan anvende Newtons 3. lov om kraft og motkraft. Newtons 3. lov kan formuleres slik: *Når et legeme A virker med en kraft F_A på et legeme B, vil B virke tilbake på A med en like stor og motsatt rettet kraft F_B .* Kraft og motkraft virker alltid på hvert sitt legeme; et legeme som påvirker et annet legeme med en kraft, vil bli påvirket med en like stor og motsatt rettet kraft. Dermed er riktig svaralternativ C. Det er mulig at de norske elevene ville ha skåret bedre på denne oppgaven rett etter Fysikk 1 (før de starter med fjærer i Fysikk 2), da det er i Fysikk 1 de har mest fokus på Newtons 3. lov.

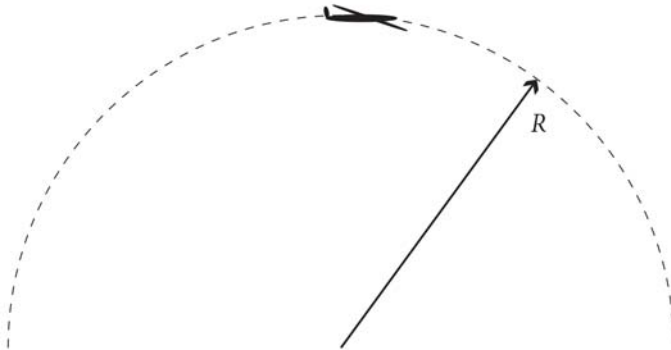
Selv om det er framgang fra 2008, er resultatet overraskende dårlig, og det er sannsynlig at elevene faller tilbake til ren formelbruk og benytter Hookes lov: $F = kx$, der k er fjærkonstanten. Siden fjærkonstanten er dobbelt så stor for fjær L , konkluderer mange elever feilaktig at kraften blir dobbelt så stor eller halvparten så stor (alternativ D og A).

Newtons lover er helt grunnleggende i fysikken, så hvis elevene her bruker formelen for fjærkraft framfor logikk rundt Newtons 3. lov, er det litt urovekkende.

Det er interessant å se at trenden er den samme internasjonalt, med en overvekt av svaralternativ A. Vi kan også legge merke til at nesten ingen velger alternativ B, som er ulogisk ut fra både Hookes lov og Newtons 3. lov. Som bemerket i Angell et al. (2019) er dette for øvrig et eksempel på en oppgave der gutter presterer betydelig bedre enn jentene.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 2**Reasoning. Speed of aircraft****(Farten til et fly)**

Eit fly flyg i ein vertikal, sirkulær bane med radien R med konstant banefart. Når flyet passerer topp-punktet i banen, føler passasjerane seg «vektløse». Tyngdeakselerasjonen er g .



Kva er farten til flyet?

- (A) gR
- (B) \sqrt{gR}
- (C) $\frac{g}{R}$
- (D) $\sqrt{\frac{g}{R}}$
- (E) $2gR$

PA13014		A	B*	C	D	E	Ikke svart
Norge	1995	3	72	4	10	8	2
	2008	5	71	3	9	10	1
	2015	5	68	3	12	10	2
Sverige		15	38	10	16	18	4
USA		12	43	11	20	13	1
Russland		8	75	4	6	6	1
Slovenia		9	59	7	15	9	0
Frankrike		17	28	10	33	8	5
Italia		18	39	9	15	10	9
Int. gj.snitt		12	49	8	18	11	4

Dette er en flervalgsoppgave som er kategorisert kognitivt som *resonnere*. For å løse oppgaven må elevene beherske Newtons 2. lov, som beskriver hvordan et legeme som blir påvirket av en kraft F , får en akselerasjon a som er proporsjonal med kraften F . Akselerasjonens proporsjonalfaktor er lik legemets masse. I tillegg til Newtons andre lov trenger elevene å vite at sentripetalakselerasjonen er gitt ved $a = v^2/r$, som er oppgitt i formelsamlingen foran i heftene. De må kunne regne ut algebraisk den farten som gir fritt fall, det som kalles «vektløshet» for passasjerene.

Det er to krefter som virker på passasjerene: Tyngdekraft (G) fra jorda og normalkraft (N) fra setet. Disse er motsatt rettet, og vi velger positiv retning inn mot sentrum av sirkelen (altså nedover). For å føle seg «vektløs», må man ha normalkraften $N = 0$, dvs. fly med en fart slik at vi mister kontakt med setet.

Newtons andre lov sammen med sentripetalakselerasjonen gir da:

$$\Sigma F = ma$$

$$G - N = m \frac{v^2}{r} \quad (\text{setter her } N = 0 \text{ for «vektløshet»})$$

$$v = \sqrt{gr}$$

Selv om elevene ikke gjennomfører et holdbart kraftresonnement, kan de også komme fram til formelen under B bare ved å sette $a = g$ og $r = R$ i formelen $a = v^2/r$ og løse med hensyn på v .

Det er også interessant å se at kun alternativ B har riktig enhet (m/s), og dermed kunne elevene ha funnet riktig svar bare ved å analysere enhetene uten videre bruk av fysikk.

Temaet for denne oppgaven er et helt klart læreplanmål, og tilsvarende oppgaver finnes i de fleste lærebøker i fysikk. Norsk læreplan sier: «Eleven skal kunne regne ut akselerasjon og krefter på objekter som beveger seg med konstant fart i en sirkelbane, og på objekter i en vertikal sirkelbane i øvre og nedre punkt.»

De norske elevene skårer høyt på denne oppgaven, godt over det internasjonale snittet, og kun Russland skårer høyere. Andelen riktige svar har falt noe, men svarfordelingen for norske elever er svært lik i 1995, 2008 og 2015. Dette indikerer at det faglige innholdet som testes i denne oppgaven, har vært sentralt stoff i fysikkundervisningen i hele denne perioden.

Tidligere læreplan (L94) hadde med beregning av krefter gjennom hele sirkelbevegelser. Nå som elevene kan ta Fysikk 2 uten Matematikk R2, kan det i norsk fysikkundervisning legges opp til å fokusere på øvre og nedre del av sirkelen. Da unngår man å bruke vektorer.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 3

Knowing. Heat transfer

(Varmeoverføring)

Kva for ein prosess er det som overfører energi frå sola til jorda ?

- Ⓐ Berre leiing
 - Ⓑ Berre konveksjon
 - Ⓒ Berre stråling
 - Ⓓ Leiing, konveksjon og stråling samstundes
-

PA13015		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	0	0	89	10	1
	2008	0	1	83	16	0
	2015	1	3	68	27	2
Sverige		1	1	82	13	4
USA		1	5	53	40	0
Russland		1	1	84	15	0
Slovenia		2	3	63	33	0
Frankrike		1	1	82	15	1
Italia		2	2	71	22	3
Int. gj.snitt		1	2	71	23	2

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*.

På denne oppgaven faller norske elever tilbake med 15 prosentpoeng fra 2008, mens internasjonalt snitt nærmest er uendret. Fra læreplan L94 (KUF, 1994) til LK06 (KD, 2006) er antall læreplanmål i termofysikk drastisk redusert fra fire til ett. Dette har gjort termofysikk til et meget begrenset tema, med dertil fallende resultater på oppgaver som handler om dette. Reduksjoner av denne typen har gitt plass til mer teknologiske emner som halvlederteknologi (dioder og transistorer) i Fysikk 1 og digital lyd i Fysikk 2. Se oppsummering sist i kapitlet.

Læreplanen inneholder altså nå kun ett kompetansemål i termofysikk:

«Eleven skal kunne gjengi og drøfte kvalitativt termofysikkens første og andre lov».

Forrige læreplan inneholdt altså fire læreplanmål, og selv om denne oppgaven ikke går direkte inn i et læreplanmål fra L94, hadde nok elevene i 2008 mer generell kunnskap om termofysikk og dermed forskjellige typer energi-overføring.

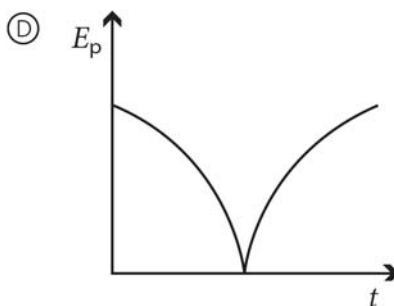
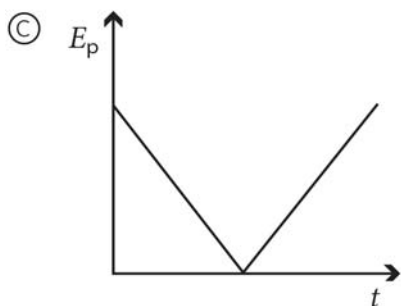
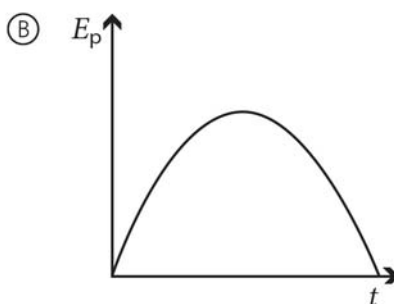
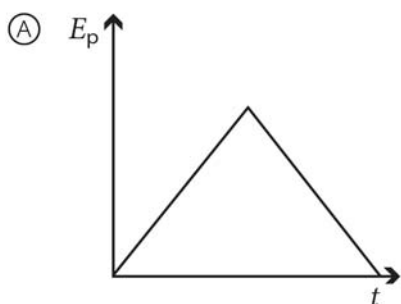
Svaralternativene nevner i tillegg til det korrekte svaret «stråling» også «leiing» (ledning) og «konveksjon» (strømmer som transporterer energi, for eksempel varme, i væsker og gasser). Begge disse siste forutsetter at det er en form for materiell kontakt mellom objektene, noe det ikke er mellom sola og jorda. Begrepet «konveksjon» er ikke nevnt i de norske læreplanene fra 2006, så her stiller de norske elevene svakt. De burde imidlertid kunne eliminere «leiing»

som overføringsmåte, og da er det kun alternativ C som inneholder det opplagte alternativet «stråling».

Norge har hatt en jevn tilbakegang på oppgaven. Mens det i 1995 kun var 10 % av de norske elevene som valgte alternativ D (både stråling, ledning og konveksjon), var det i 2015 hele 27 % som valgte dette.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 4
Applying. Graph of ball's potential energy
(Graf for ballens potensielle energi)

Ein ball blir dytta i gang og rullar oppover eit skråplan. Etter ei stund snur ballen og rullar nedover att. Kva for ein graf skildrar BEST korleis den potensielle energien til ballen varierer som funksjon av tida?



PA23071		A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	2008	26	65	4	6	0
	2015	33	58	5	4	1
Sverige		19	61	6	14	1
USA		27	60	6	6	2
Russland		44	45	6	4	1
Slovenia		27	64	5	5	0
Frankrike		23	57	9	12	0
Italia		31	51	7	9	3
Int. gj.snitt		30	57	6	7	1

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Dette er en flervalgsoppgave, og den ble etter TIMSS Advanced 2015 definert som forankringsoppgave på middels kompetansenivå. Oppgaven er omtalt i Grønmo, Hole & Onstad (2016).

Oppgavens tema er potensiell energi. Dette er et grunnleggende begrep innen mekanikk. Potensiell energi E_p er proporsjonal med høyden h over et valgt nullnivå. For å løse oppgaven korrekt må elevene for det første klare å tolke teksten. De må altså forstå at ballen ruller opp skråplanet inntil den stopper av seg selv, og ruller ned igjen. Videre må de klare å tolke de grafiske framstillingene korrekt, noe som er en matematisk kompetanse. Alternativene C og D kan ikke være korrekte, fordi de viser en utvikling der potensiell energi først avtar og så øker.

Fra resultatene ser vi at alternativ A er den mest valgte distraktoren. Dette er ikke overraskende, da denne i likhet med det korrekte alternativet B viser en situasjon der potensiell energi først øker og så avtar. For å skille mellom A og B må elevene bruke at kulen gradvis vil redusere farten sin oppover skråplanet inntil den når punktet der den snur. Da vil også høyden øke saktere. Dermed kan ikke potensiell energi øke jevnt, slik som vist i A.

Vurdert i forhold til norske læreplaner for fysikk og matematikk tester denne oppgaven sentrale kompetanser. Den tester kjennskap til begrepet potensiell energi, evne til å forstå grafiske framstillinger og evne til å forestille seg en fysisk situasjon. Regneteknisk sett er oppgaven ikke spesielt vanskelig vurdert i en norsk skolekontekst. Men som bemerket i Angell et al. (2019) har norske fysikkelever ofte problemer når oppgaver bruker ulike representasjonsformer, som for eksempel tekst og bilder. Fra resultatene ser vi at Norge gjør det relativt dårlig på denne oppgaven, i den betydning at Norges skår på oppgaven ligger lenger nede på listen enn Norges plassering på listen over generelle prestasjoner. Se tabell 3.1.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 5
Knowing. Direction of acceleration of body
(Retning av akselerasjonen til legeme)

Ein lekam (legeme) går i ein sirkel med konstant fart. Kva er retninga til akselerasjonen?

PA23146		10 Rett svar, mot sentrum	70 Tangentielt til sirkelen	71 Ut fra sentrum	79 Andre feilsvar	Ikke svart
Norge	2008	86	5	2	6	1
	2015	83	4	1	9	3
Sverige		55	20	6	15	4
USA		56	11	3	28	3
Russland		82	5	0	9	4
Slovenia		60	15	5	18	3
Frankrike		22	11	1	53	14
Italia		34	16	6	25	19
Int. gj.snitt		53	11	3	26	7

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Det er en åpen oppgave hvor elevene selv må finne fram til det riktige svaret og skrive det ned. Oppgaven tester om elevene har grunnleggende kunnskaper om akselerasjon.

For å løse oppgaven må elevene vite at akselerasjonen til legemet (og dermed summen av kreftene på legemet) alltid er rettet innover mot sentrum av sirkelen når vi har konstant banefart. Denne typen kunnskap er sentral i de norske læreplanene for Fysikk 2, og det legges også vekt på at elevene skal utlede dette matematisk. Det er vanlig å se på denne typen sirkelbevegelse både under klassisk mekanikk og i forbindelse med alle tre felttyper de arbeider med i fysikkfaget (gravitasjonsfelt, elektrisk felt og magnetfelt).

Basert på dette kan man derfor forvente at de norske elevene skårer høyt på oppgaven, noe de også gjør. Det eneste landet som ligger på samme nivå som Norge, er Russland. Kodemanualen krever kun at elevene konstaterer at akselerasjonen har retning mot sentrum av sirkelen for kode 10 (korrekt svar). Grunnen til at dette er korrekt, kan skisseres slik:

Utført arbeid på et legeme går over til andre energiformer, i dette tilfellet kinetisk energi. Vi har at arbeid er lik kraft multiplisert med forflytning multiplisert med cosinus til vinkelen mellom kraft og forflytning:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

der α er vinkelen mellom \vec{F} og \vec{s} . Siden banefarten er konstant, utføres ikke noe arbeid, altså $W = 0$. Dette svarer til at $\cos \alpha = 0$, det vil si at $\alpha = 90^\circ$. Når kraften peker inn mot sentrum, står den vinkelrett på forflytningen.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 6 ***Knowing. Explain tennis ball rebound height*** ***(Forklare tennisballens spretthøyde)***

Ein lærar sleppte ein tennisball frå ei viss høgd. Kva for ein påstand forklarar BEST at etter at ballen hadde treft golvet, spratt han til ei lågare høgd enn den opphavlege?

- (A) Gravitasjonstiltrekkinga hindrar ballen i å sprette heilt opp.
 - (B) Heile den kinetiske energien til ballen blir omforma til potensiell energi ved støyten.
 - (C) På vegen opp minkar krafta på ballen.
 - (D) Noko mekanisk energi blir omforma til varmeenergi.
-

PA23029		A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	2008	32	6	3	59	1
	2015	28	10	3	58	1
Sverige		34	15	4	44	2
USA		37	12	4	46	1
Russland		29	13	7	51	1
Slovenia		32	5	4	58	1
Frankrike		50	20	11	18	0
Italia		50	18	8	23	2
Int. gj.snitt		34	14	8	43	1

Dette er en flervalgsoppgave som tester elevenes forståelse av grunnleggende lover om bevaring av energi i fysikk. Oppgaven er definert kognitivt som *kunne*.

Oppgaven handler om bevaring av energi. Siden ballen ikke spretter like høyt som der vi slapp den fra, har noe av den mekaniske energien ballen opprinnelig hadde, blitt overført til andre energiformer, som for eksempel termisk energi i ballen og gulvet. Bevaringslover er helt grunnleggende i fysikkfaget, og således kunne en kanskje forvente høy skår på denne oppgaven, både for norske elever og internasjonalt.

Norske elever presterer klart bedre enn det internasjonale snittet på oppgaven, og omtrent likt med Norge i 2008. Kun Slovenia og Russland er på tilnærmet samme nivå. Av distraktorene er A mest valgt, både i Norge og internasjonalt. En grunn til dette kan være at mens beskrivelsen i A ikke går inn på det som er den egentlige fysiske årsaken til at ballen spretter lavere, er det ganske riktig gravitasjonskraften som hindrer den i å sprette opp til samme høyde som tidligere. Poenget er imidlertid at årsaken til dette er at ballen idet den forlater gulvet, ikke har så stor kinetisk energi som den ville hatt uten energitapet den fikk under kontakten med gulvet.

Problemstillinger som dette har de norske elevene møtt i både Fysikk 1 og Fysikk 2. Læreplanen LK06 har litt mer fokus på kvalitativ forståelse av begreper enn L94, og kanskje det har medvirket til at det ikke er noen tilbakegang på denne oppgaven.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 7
Applying. Gas volume when pressure doubled
(Gassvolum når trykket dobles)

Ein behaldar med eit rørleg stempel har volumet $3,0 \text{ m}^3$ og inneheld ein idealgass ved atmosfæretrykk og temperaturen $57 \text{ }^\circ\text{C}$. Gassen blir varma opp til temperaturen $167 \text{ }^\circ\text{C}$, og trykket aukar til det dobbelte. Kor stort blir det nye volumet til gassen?

Vis korleis du kom fram til svaret.

PA23053		20 Helt riktig	10 Delvis riktig	11 Delvis riktig	70/71 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	2008	17	7	24	8	18	26
	2015	6	3	10	7	28	47
Sverige		12	4	15	10	33	27
USA		11	6	17	11	39	16
Russland		42	8	9	0	17	25
Slovenia		50	12	6	1	29	3
Frankrike		1	0	8	10	42	40
Italia		12	3	19	15	18	33
Int. gj.snitt		18	5	13	7	29	28

Dette er en åpen oppgave som kognitivt er klassifisert som *anvende*.

Denne oppgaven ble etter studien i 2015 definert som forankringsoppgave på *høyt kompetansenivå* innenfor termofysikk (se Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016b). Oppgaven faller utenfor læreplanen til norske elever i 2015, men likevel får 19 % av elevene minst ett av to poeng på denne oppgaven. I 2008 var denne oppgaven inne i læreplanen, og vi ser at det var omtrent 3 ganger så mange elever som fikk full skår på den i 2008. Oppgaven er ganske

krevene, og vi ser internasjonalt at i 2015 var det bare 18 % som fikk den helt rett (kode 20). Merk at i 2015 var det hele 47 % av de norske elevene som ikke svarte på oppgaven. Antakelig har disse vurdert den som noe de ikke har lært, og de hoppet dermed over den. Kodene 70 og 71 er slått sammen fordi nesten ingen besvarelser internasjonalt (ingen i Norge) fikk kode 70, som var korrekt svar uten arbeid vist. Kode 71 var feil svar med bruk av grader Celsius. Kode 10 ble gitt hvis eleven brukte riktig likning, men regnet feil. Kode 11 ble gitt ved riktig arbeid bortsett fra bruk av grader Celsius i stedet for grader Kelvin.

På denne oppgaven er det stor variasjon i resultatene mellom land. Slovenia (50 % riktig) og Russland (42 % riktig) skiller seg klart ut fra de andre landene (Mullis et al., 2016b).

Ut fra norsk læreplan kan man kun forvente at norske elever i 2015 skal kunne analysere dette kvalitativt. Siden økt temperatur tilsier økt volum, og høyere trykk tilsier mindre volum, vil det imidlertid være umulig å trekke noen konklusjon uten å regne i denne oppgaven.

I formellista i oppgaveheftene står blant annet den ideelle gasslov:

$$\frac{pV}{T} = \text{konstant}$$

hvor p er trykk, V er volum, og T er absolutt temperatur (målt i Kelvin). Temperaturene må altså regnes om som vist i utregningen under. Vi har alle startbetingelsene, og for slutttilstanden mangler vi bare volum. Vi kan da sette opp:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot V_1$$

$$V_2 = \frac{(273 + 167) \text{ K}}{(273 + 57) \text{ K}} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{2 \text{ atm}} \cdot 3,0 \text{ m}^3 = 2,0 \text{ m}^3$$

De elevene som har fått ett poeng, er videre delt i to grupper etter hvilken type feil de har gjort.

Den vanligste feilen er å ikke regne om temperaturene til absolutte temperaturer målt i Kelvin (kode 11), noe snaut 80 % av norske elever med 1 poeng har gjort. Det vil si at de resterende med 1 poeng har riktig framgangsmåte, men gjort en regnefeil underveis (kode 10).

Internasjonalt er det vel 70 % elever med 1 poeng som ikke har gjort om fra Celsius til Kelvin. Dette kan tyde på at de er mer vant med å regne oppgaver innen termofysikk, hvor man som grunnregel alltid bruker Kelvin.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 8

Applying. Why temperature decreases when air rises

(Hvorfor temperaturen avtar når luft stiger)

Luftmassar på veg mot eit fjellområde, blir lyfte opp og får da lågare temperatur. Kva for ei utsegn forklarar BEST kvifor temperaturen blir lågare når lufta stig?

- Ⓐ Lufta er alltid kaldare høgare opp i atmosfæren fordi det er lenger frå bakken.
- Ⓑ Lågare trykk fører til utviding av lufta, noko som krev arbeid utan at varme er tilført. Då må den indre energien minke.
- Ⓒ Den stigande luftmassen blir avkjølt av den kalde lufta i dei atmosfæriske omgivingane, og derfor aukar den indre energien.
- Ⓓ Temperaturen på bakken er lågare ved større høgder, og varme blir overført frå lufta til bakken. Derfor minkar den indre energien i lufta.

PA23148		A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	2008	4	79	9	7	1
	2015	3	82	9	6	1
Sverige		8	66	14	9	3
USA		5	69	9	15	2
Russland		14	71	6	8	1
Slovenia		7	72	4	16	1
Frankrike		12	57	14	17	1
Italia		10	59	10	14	7
Int. gj.snitt		9	65	10	13	3

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt klassifisert som *anvende*. Det er en oppgave hvor norske elever presterer best, samtidig som det er relativt små forskjeller mellom land.

Oppgaven er innen termofysikk. Den dekkes av norsk læreplan, da dette handler om termofysikkens første lov:

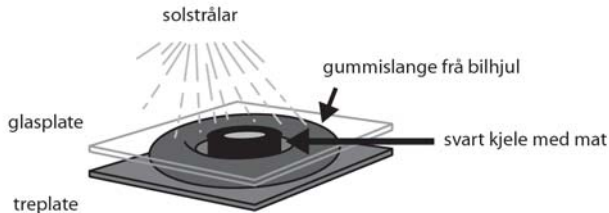
$$\Delta U = W + Q$$

som sier at endring av indre energi ΔU til et system er lik summen av *tilført* arbeid W og *tilført* varme Q . Legg merke til at det står *tilført*. Dersom systemet selv (luftmassene) utfører arbeid eller tilfører omgivelsene varme, er disse størrelsene negative, og temperaturen faller. Vi kan med god tilnærming anta en adiabatisk prosess (altså ingen varmeutveksling med omgivelsene, dvs. $Q = 0$). En utvidelse av systemet (luftmassene) vil da kreve arbeid fra systemet, hvilket gir negativt arbeid, og dermed faller temperaturen.

Denne oppgaven passer fint inn i norsk læreplan, og elevene skårer høyt på den. Videre er den et typisk eksempel i norske lærebøker, så elevene skal ha sett denne argumentasjonen før. I Norge er vi generelt opptatt av været, og vi har mange fjell hvor dette fenomenet oppstår, så det er fine muligheter for å knytte denne fysikken opp mot fenomener de fleste har observert.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 9

Reasoning. Why food stays at same temp in Sun (Hvorfor maten har konstant temperatur i sola)



Arne bruker ein enkel solkokkar som er laga av gjenbrukt materiale, slik det er vist ovanfor. Maten i kjelen blir varma opp i sola, men held seg så ved ein temperatur utan å bli varmare. Forklar kvifor maten held seg på same temperaturen sjølv om sola framleis skin.

PA23119		20 Helt riktig	21 Helt riktig	10 Delvis riktig	70 Feil svar	71 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	2008	14	3	2	9	13	34	26
	2015	12	4	0	1	3	49	31
Sverige		11	1	3	6	6	47	26
USA		8	2	5	6	12	53	14
Russland		4	2	13	8	2	31	39
Slovenia		22	1	5	9	18	28	18
Frankrike		3	1	1	3	6	58	28
Italia		2	1	7	2	8	23	57
Int. gj.snitt		9	2	5	4	7	41	33

Dette er en åpen oppgave innen termofysikk. Oppgaven er vurdert kognitivt som *resonnere*, og tester elevenes forståelse av prinsippet om energioverføring i likevekt. Systemet er i likevekt med omgivelsene, da det slipper ut like mye energi som tilføres fra sola. Dermed endres ikke temperaturen i systemet.

Elever fikk kode 20 hvis de svarte at varme overført fra sola til maten er lik varmen som maten utstråler, for eksempel med henvisning til at vi har et system i likevekt.

Noen elever svarte at temperaturen økte fram til det stadiet der maten begynte å koke. Ved koking har vi en faseovergang fra væske til gass, hvor tilført energi går med til å bryte molekyllære bindinger og temperaturen er da stabil ved kokepunktet. Dette ble også godkjent som et fullverdig svar, elevene fikk da kode 21.

Ett poeng ble tildelt elevene med svar som nevnte *likevekt*, men som ikke refererte til overføring av energi eller varme; de fikk da kode 10.

Svar som nevnte at maten fikk samme temperatur som solstrålene, fikk kode 70, mens kode 71 ble gitt til svar som bare henviste til varmekapasitet, eller til at materialer har en maksimal temperatur de kan ha.

Elevene fant denne oppgaven vanskelig. Både nasjonalt og internasjonalt var det rundt 1/3 av elevene som ikke svarte på oppgaven. De norske resultatene er ganske like i 2008 og 2015.

En generell trend i besvarelsene er at mange elever skårer lavt på mange av de kvalitative oppgavene som krever forklaring. I tillegg til at dette kunne observeres i denne oppgaven, kan det samme sees i oppgave 11 i dette kapitlet og oppgave 9B i kapittel 10.

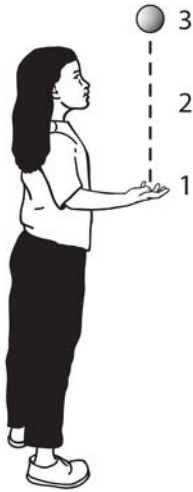
Slovenia er det landet som presterer best på oppgaven; 23 % av elevene får 2 poeng på den. De svenske resultatene ligger litt lavere enn de norske, men tar vi hensyn til at det er vel 14 % av årskullet som testes i Sverige, mot bare 6,5 % i Norge, kan man kanskje si at de svenske elevene er minst like gode som de norske. Resultatet kan tyde på at man i Norge, Sverige og Slovenia legger noe mer vekt på kvalitative forklaringer enn i en del andre land. Læreplanen LK06 har mer om kvalitativ tolkning enn tidligere læreplaner.

8.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier

Vi går nå over til å se på oppgaver som ikke er trendoppgaver, altså oppgaver som ikke ble brukt verken i 1995 eller i 2008. Disse oppgavene ble utviklet til TIMSS Advanced-studien i 2015.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 10A
Knowing. Acceleration of vertically thrown ball
(Akselerasjon for vertikalt kastet ball)

Siri kastet en ball rett opp som vist på figuren. Ballen beveger seg fra punkt 1 ved hånden hennes til en maksimumshøyde ved punkt 3. Punkt 2 er halvveis mellom punkt 1 og 3. Ved punkt 2 har ballen en akselerasjon på -10 m/s^2 .



- A. Hva er akselerasjonen ved punkt 3 i det ballen snur? Se bort fra luftmotstand.
- (A) null m/s^2
- (B) $\frac{-10}{2} \text{ m/s}^2$
- (C) $2(-10) \text{ m/s}^2$
- (D) -10 m/s^2
-

PA33061A	A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	39	2	2	56	0
Sverige	69	2	4	25	0
USA	41	3	4	51	1
Russland	48	3	4	45	1
Slovenia	44	3	4	48	1
Frankrike	78	5	6	9	1
Italia	71	8	8	9	5
Int. gj.snitt	56	4	5	34	1

Dette er en flervalgsoppgave som kognitivt er kategorisert som *kunne*.

Oppgaven handler om helt grunnleggende fysikkforståelse. Norge skårer relativt høyt her, men sett i lys av at dette er sentralt faglig innhold i fysikk i Norge, kunne man kanskje forvente at enda flere elever mestrer det. Elevene skal ha jobbet så mye med krefter og tyngdefelt i både Fysikk 1 og Fysikk 2 at de skal vite at i kast virker kun tyngdekraften, og at den er konstant gjennom hele kastet i den perioden objektet ikke er i kontakt med andre objekter (som hånd eller bakken). Dermed blir også akselerasjonen konstant lik tyngdens akselerasjon, rettet nedover. Altså er alternativ D korrekt.

Dersom man vil bruke formler og kraftanalyse, kan oppgaven løses med Newtons andre lov: $\Sigma F = ma$, hvor det altså kun virker én kraft, tyngdekraften, $G = mg$. Da får vi:

$$\Sigma F = ma$$

$$G = ma$$

$$mg = ma$$

$$a = g$$

Vi står da altså igjen med at akselerasjonen er lik tyngdeakselerasjonen.

Den mest valgte distraktoren i denne oppgaven er helt klart svaralternativ A, både i Norge og internasjonalt. Dette skyldes antakelig at elevene blander sammen fart og akselerasjon. På toppen av bevegelsen, der ballen snur, er farten null. Denne sammenblandingen av fart og akselerasjon er en misoppfatning som går igjen hos elever i alle land som deltok i studien. Frankrike og Italia skårer svært lavt på oppgaven, noe som antakelig henger sammen med undervisningstradisjoner i disse landene. Se også Mullis et al. (2016b).

Mekanikk og termodynamikkoppgave 10B**Knowing. Time duration of vertically thrown ball****(Tid i vertikalt kast)**

- B. Hvor lang tid bruker ballen fra punkt 2 til 3 når den er på vei opp sammenlignet med tiden den bruker fra punkt 3 til 2 når den er på vei ned? Se bort fra luftmotstand.

PA33061B	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	63	22	16
Sverige	49	33	19
USA	64	34	2
Russland	49	25	26
Slovenia	72	22	6
Frankrike	30	47	23
Italia	21	28	52
Int. gj.snitt	48	32	20

Dette er en åpen oppgave som kognitivt er klassifisert som *kunne*.

For å få poeng (kode 10) her er det tilstrekkelig at man svarer at ballen bruker like lang tid opp som ned. Som for oppgave 10A er dette noe elevene har jobbet med i både Fysikk 1 og Fysikk 2, så mange elever vet om denne symmetrien uten videre analyse. Siden man ikke trenger å begrunne svaret, trenger man da ikke å regne på dette. Også på B-oppgaven er de norske elevenes prestasjoner gode sett i et internasjonalt perspektiv, klart over internasjonalt snitt. Andelen med rett svar i USA er på samme nivå som i Norge; det er bare Slovenia som har en større andel elever som svarer rett på oppgaven.

Dersom man ser på mekanisk energi (sum av kinetisk energi og potensiell energi), vet man at denne er bevart under bevegelsen, og at potensiell energi i punkt 2 er lik på vei opp og ned, og det samme gjelder kinetisk energi (altså at ballen har samme fart på vei opp og ned).

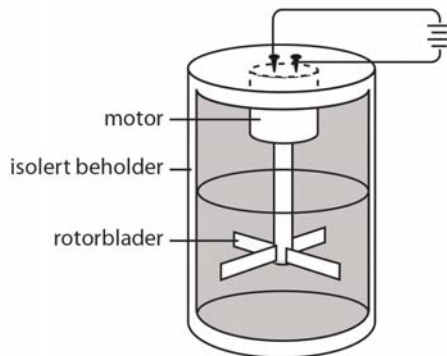
Dersom man vil regne på dette, kan man bruke en av bevegelseslikningene for konstant akselerasjon, for eksempel formelen

$$s = v_0 t + (1/2) a t^2$$

som elevene finner i formelsamlingen. Men det er som nevnt ikke nødvendig å regne her.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 11
Reasoning. Expected temperature of water
(Forventet vanntemperatur)

Figuren viser en termisk isolert blandemaskin som kan brukes til å måle overføring av energi. Den elektriske motoren driver rotorbladene som gir varme til systemet. Hvis man vet hvor mye energi som blir tilført fra den elektriske kretsen, mengden vann og starttemperaturen, er det mulig å regne ut temperaturforandringen til vannet forutsatt ideelle forhold.



I et faktisk eksperiment er sluttemperaturen til vannet forskjellig fra den beregnede ved ideelle forhold.

Forventer du at den målte temperaturen er høyere eller lavere enn den beregnede temperaturen?

(Kryss av i én rute.)

- høyere enn den beregnede verdien
- lavere enn den beregnede verdien

Forklar hva som kan ha ført til denne forskjellen.

PA33004	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	31	67	2
Sverige	32	66	2
USA	31	68	1
Russland	29	65	7
Slovenia	59	41	0
Frankrike	18	79	3
Italia	26	63	12
Int. gj.snitt	31	63	5

Dette er en åpen oppgave klassifisert kognitivt som *resonnere*.

Denne oppgaven tester elevenes forståelse av hva som ligger i ideelle forhold, og hva som er mulige årsaker til at man ikke får det resultatet som en beregning basert på ideelle forhold ville gi.

Under ideelle forhold vil det ikke være noe varmetap til omgivelsene i det forsøket som er beskrevet, mens man i et faktisk eksperiment må forvente at det kan være tilfellet. Det er derfor sannsynlig at i den grad resultatet avviker fra det man har beregnet for ideelle forhold, skyldes dette varmetap til omgivelsene, noe som da kan antas å føre til at den målte temperaturen vil være noe lavere.

For å få riktig svar på oppgaven (kode 10) må man ha skrevet at man kan forvente noe lavere temperatur, og nevne mulige tap av varme til omgivelsene, som for eksempel at noe av energien går til å heve temperaturen i veggene o.l. Også svar som nevnte at noe av energien kan ha blitt til bevegelsesenergi i rotorbladene eller vannet, ble akseptert som riktig svar. Elever som svarte at temperaturen vil gå ned, men uten eller med feil begrunnelse for hvorfor, fikk ikke rett på oppgaven. I oppgaven underforstår man at eksperimentet ikke ble startet ved temperatur lavere enn omgivelsene. Var temperaturen lavere, kunne ikke-ideell isolering av beholder medføre varmetransport inn til vannet i beholderen.

Det norske resultatet ligger på det internasjonale snittet for riktig svarprosent, med 31 % riktig. Det samme er tilfellet i de fleste andre landene i studien. Slovenia utmerker seg med et langt bedre resultat, her svarer nærmere 60 % rett på oppgaven. Frankrike ligger en del lavere enn det internasjonale snittet, men her må vi ta med at det i Frankrike er en langt høyere andel av årskullet som tar fysikk, enn i de fleste andre land.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 12
Knowing. Path of curved bar through air
(Bane til bøyd bjelke gjennom luften)

En bøyd, tung gjenstand av metall blir kastet ut fra en plattform.



Gjenstanden roterer når den faller gjennom luften.

Hvilken av disse beskriver best banen for bevegelsen til massesenteret?

- (A) Det beveger seg i en bølge-formet bane mens gjenstanden roterer.
- (B) Det beveger seg i sirkelbane mens gjenstanden roterer.
- (C) Det følger en spiralbane til gjenstanden treffer bakken.
- (D) Det følger en parabelbane til gjenstanden treffer bakken.

PA33044	A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	12	29	29	29	1
Sverige	16	37	25	21	2
USA	10	23	21	45	1
Russland	11	30	44	15	1
Slovenia	12	26	31	30	0
Frankrike	13	30	17	38	2
Italia	12	18	29	39	2
Int. gj.snitt	12	27	26	33	2

Dette er en flervalgsoppgave som kognitivt er vurdert som *kunne*.

Det norske resultatet er relativt svakt på denne oppgaven, som i de fleste andre land. Det ene landet hvor elevene presterer klart bedre enn i Norge, er USA, mens elevene i Russland presterer svakest av alle landene på denne

oppgaven. Det kan se ut til at dette er et tema som ikke står så sentralt i fagplanene i mange land, med et positivt unntak for USA.

Norske lærebøker brukt av elevene i 2015 tar ikke opp massesenterets bevegelse i noen særlig grad. Prinsippet om at massesenteret beveger seg som om det var en punktmasse, er det tilsynelatende fokusert lite på. Under tidligere læreplaner illustrerte gjerne lærebøkene dette med figurer som viste massesenterets bevegelse langs en parabelbane i eksempler liknende det vi finner i denne oppgaven.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 13

Applying. Energy to heat water

(Energj for å varme opp vann)

Markus drikker 0,50 l vann. Vannet har en temperatur på 4,0 °C og blir deretter varmet opp til 37,0 °C i kroppen hans.

Hvor mye energi kreves for denne økningen av temperatur i vannet? Den spesifikke varmekapasiteten til vann er 4,2 kJ/(kg·°C).

Vis arbeidet ditt, inkludert de likningene du bruker.

Svar: _____ kJ

PA33075	10 Rett svar	70 Feil svar	71 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	17	32	2	26	23
Sverige	53	1	8	22	15
USA	26	12	9	38	15
Rusland	68	5	12	7	9
Slovenia	77	1	12	9	2
Frankrike	29	11	9	23	28
Italia	39	3	7	14	38
Int. gj.snitt	42	8	9	20	21

Dette er en åpen oppgave som er vurdert kognitivt som *anvende*. I studien ble oppgaven valgt som forankringsoppgave på *høyt kompetansenivå*.

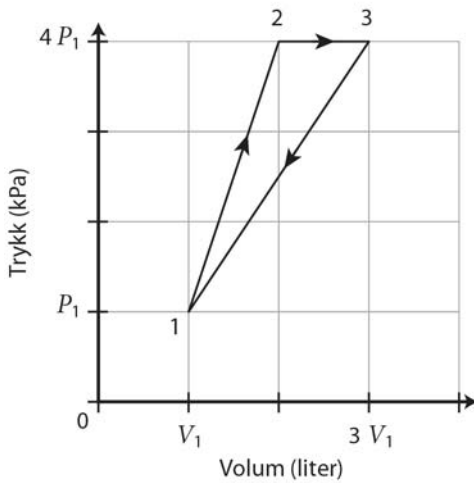
På denne oppgaven presterer de norske elevene markant svakere enn i noe annet land som er med i TIMSS Advanced-studien. Oppgaven er omtalt i Grønmo et al. (2016). Som nevnt der dreier oppgaven seg om kvantitativ behandling av varmelære. For å finne riktig svar må elevene multiplisere vannets masse (0,5 kg) med temperaturdifferansen på $33\text{ }^{\circ}\text{C} = 33\text{ K}$ og den oppgitte spesifikke varmekapasiteten på 4,2 kJ per kg og grad (se formellista). Multiplikasjon gir det korrekte svaret 69,3 kJ. (Avrunding til 69 kJ eller 70 kJ ble også godtatt.)

Norge gjør det svært dårlig her. En sannsynlig forklaring er at denne typen varmelære etter læreplanomleggingen i 2006 (for Fysikk 2 gjeldende fra 2009) kun behandles kvalitativt (KD, 2006; KUD, 1992; KUF, 1994). Dette er en av oppgavene den norske TIMSS Advanced-gruppen vurderer som utenfor det norske pensumet i 2015. Etter læreplanen som gjaldt for kullet testet i 2008, ville oppgaven ha blitt vurdert som innenfor det norske pensumet.

Imidlertid er det på denne oppgaven viktig å ta med kode 70 i analysen. Denne koden ble gitt til studenter som hadde riktig svar, men som ikke hadde vist likninger. Hele 32 % av de norske elevene har fått denne koden. Disse har da antakelig funnet svaret ved å tenke logisk, etter mønsteret antydnet ovenfor. Det er altså formelt sett ikke nødvendig *aktivt* å bruke en likning her, for eksempel likningen $Q = cm\Delta T$ som står i formelsamlingen. Likevel bruker elevene denne likningen (eller en ekvivalent likning) i betydningen at de *gjør seg nytte av innholdet i den*; de bruker den som fysisk resultat. Men manglende eksplisitt redegjørelse for dette gav altså kode 70. Kode 71 ble gitt ved bruk av riktig likning, men feil svar.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 14
Reasoning. Oxygen temperature ratio
(Forhold mellom oksygentemperaturer)

Tre mol med oksygen gjennomgår en prosess som vist i figuren.
Tallene 1, 2 og 3 viser tre posisjoner i syklusprosessen.



Hva er forholdet mellom maksimumstemperatur og minimumstemperatur i denne prosessen?

- (A) 12
 - (B) 8
 - (C) 4
 - (D) 3
-

PA33078	A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	35	17	21	24	3
Sverige	32	17	25	23	3
USA	43	15	23	19	1
Russland	67	7	15	10	2
Slovenia	61	12	13	11	3
Frankrike	23	14	27	30	6
Italia	43	16	16	13	12
Int. gj.snitt	43	14	20	17	6

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt karakterisert som *resonnere*. Oppgaven kan løses ved bruk av ideell gasslov, som i formelsamlingen i oppgaveheftet er skrevet

$$pV/T = \text{konstant}$$

I tilstand 3 er $pV = 12p_1V_1$. Dermed må temperaturen i tilstand 3 være 12 ganger temperaturen i tilstand 1, så alternativ A er korrekt. Opplysningen om 3 mol er irrelevant.

For de norske elevene falt oppgaven vanskelig, antakelig fordi ideell gasslov ikke var pensum i 2015. Alternativ A har høyere prosent enn de øvrige alternativene for Norge, men fordelingen på distraktorene kan indikere en del gjetting. Noen kan også tenkes å ha funnet fram til formelen for ideell gasslov i formelsamlingen og resonnerert fra grunnen av ved å bruke den.

De to landene som presterer best på oppgaven, er Russland og Slovenia. Norge og Sverige presterer veldig likt på oppgaven, men lavere enn internasjonalt snitt.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 15
Knowing. Force of Sun on two planets
(Kraft fra sola på to planeter)

Forestill deg at en ny planet, Planet X, nylig ble oppdaget i vårt solsystem.

Planet X har samme masse som jorda og har dobbelt så stor avstand til sola som jorda. Hvordan er trykket fra sola på Planet X sammenlignet med trykket fra sola på jorda?

- Ⓐ Det er en fjerdedel.
 - Ⓑ Det er halvparten så stort.
 - Ⓒ Det er det samme.
 - Ⓓ Det er dobbelt så stort.
-

PA33088	A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	66	25	5	3	1
Sverige	55	29	5	4	7
USA	60	28	5	6	1
Russland	77	16	4	3	0
Slovenia	75	17	3	6	0
Frankrike	28	51	9	12	1
Italia	54	34	2	8	2
Int. gj.snitt	55	30	6	7	2

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt vurdert som *kunne*. Oppgaven har en oversettelsesfeil til norsk: Ordet «kraft» skulle vært brukt i stedet for «trykk». Resultatene tyder imidlertid på at de norske elevene skjønnte hva som var ment.

Newtons gravitasjonslov sier at to punktmasser dras mot hverandre med en kraft som er proporsjonal med hvert punkts masse og omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden mellom dem:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Denne formelen finnes i formelsamlingen. Massene til de to planetene er like, forskjellen er avstanden r fra sola, som er dobbelt så stor for Planet X som for jorda. Kvadratet av avstanden r til sola for den nye planeten i forhold til avstanden fra sola til jorda blir derfor 4, det betyr at alternativ A er det riktige svaret.

Dette er en oppgave hvor norske elever presterer relativt godt, det er bare Russland og Slovenia som har en større prosentandel av elevene som svarer riktig. De norske resultatene ligger klart over det internasjonale snittet.

Tar man hensyn til dekningsgrad i vurderingen av hvor godt resultatet er, framstår Sverige (dekningsgrad på vel 14 %) og Italia (dekningsgrad på vel 18 %) som relativt gode på denne oppgaven.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 16
Applying. Skiing collision
(Kollisjon på ski)

Rolf står på ski ned en bakke. Ved bunnen av bakken, når farten hans er 5 m/s, kolliderer han med David som står stille. De fortsetter sammen i samme retning. Rolf veier 60 kg og David veier 90 kg. Anta at det ikke er noen friksjon.

Hvilken felles fart har David og Rolf rett etter kollisjonen?

Vis arbeidet ditt, inkludert de likningene du bruker.

Svar: _____ m/s

PA33058	20 Rett svar	10 Delvis rett svar	11 Delvis rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	57	9	2	23	10
Sverige	26	6	3	50	16
USA	35	16	1	42	6
Russland	37	32	1	15	15
Slovenia	49	13	2	32	4
Frankrike	11	5	1	47	36
Italia	12	5	1	36	45
Int. gj.snitt	34	11	2	35	18

Denne åpne oppgaven ble kognitivt vurdert som *anvende*. Den er omtalt i Grønmo et al. (2016). Dette er en åpen oppgave, og den ble etter studien valgt som forankringsoppgave på *høyt kompetansenivå*.

Som i oppgave 4 er temaet mekanikk. I motsetning til oppgave 4 krever imidlertid denne oppgaven at elevene gjør en *utregning*. Utregningen her må baseres på loven om *bevaring av bevegelsesmengde*, som i dette tilfellet kan uttrykkes med følgende likning:

$$m_D v_D + m_R v_R = (m_D + m_R) v$$

der indeksene D og R står for David og Rolf, og v er deres felles fart etter kollisjonen. Bruker de denne likningen, ledes elevene fram til en sammenheng av typen

$$60 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s} = (60 \text{ kg} + 90 \text{ kg}) \cdot v$$

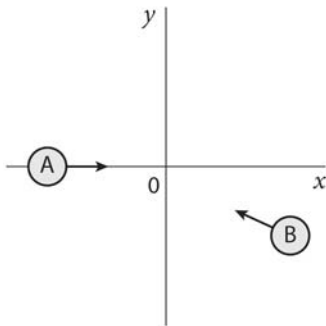
Her er v farten de skal finne. Løser man med hensyn på v , finner man at farten er 2 m/s.

Kode 11 ble gitt til elever som brukte riktige likninger, men gjorde regnefeil. Kode 10 ble gitt når svaret var rett, men likninger og/eller forklaringer var ufullstendige.

Norske elever presterte meget bra på denne oppgaven; Norge er på toppen av listen internasjonalt. Det viser at det langt fra er noe *gjennomgående* trekk at norske elever gjør det dårligere på kvantitative oppgaver enn på kvalitative. Jamfør delkapittel 6.6 i Grønmo et al. (2016) og kapittel 6 i denne boka.

Mekanikk og termodynamikkoppgave 17
Reasoning. Final velocity of colliding balls
(Slutthastighet for kolliderende baller)

To stive baller med lik masse, A og B, nærmer seg hverandre som vist med pilene i figuren nedenfor. x -komponenten til ball B sin bevegelsesmengde er like stor og motsatt av x -komponenten til ball A sin bevegelsesmengde.



Ballene kolliderer med et uelastisk støt. I hvilken retning vil begge ballene gå etter kollisjonen?

- (A)
 - (B)
 - (C)
 - (D)
-

PA33057	A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	12	30	55	2	1
Sverige	14	41	40	4	2
USA	16	30	50	3	1
Russland	10	51	36	3	1
Slovenia	10	40	48	2	0
Frankrike	20	47	24	7	2
Italia	18	41	33	5	4
Int. gj.snitt	15	40	39	4	2

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt klassifisert som *resonnere*. Fra figuren kan det se ut som om A og B har lik bevegelsesmengde, men dette er altså ikke korrekt ifølge oppgaveteksten. Det som er tilfellet, er at x -komponentene av vektorene for bevegelsesmengdene til A og B er like store og har motsatt fortegn. Ser man nøye på figuren, stemmer dette. Her er det viktig å lese oppgaveteksten nøye. Fordi x -komponentene er like store og motsatt rettet, må x -komponenten til summen av bevegelsesmengdene for ballene etter kollisjonen være lik null. Det er kun C som oppfyller dette kravet, så C er det riktige alternativet. Tenker man at A og B har samme totale bevegelsesmengde, kan man ledes til alternativ B. Dette kan være grunnen til at B er den mest valgte distraktoren.

Norske elever presterer relativt bra på oppgaven. Med 55 % riktige svar er Norge best av alle landene som deltar i studien, og klart bedre enn det internasjonale snittet. Begrepet «uelastisk støt» er med i norske læreplaner.

8.3 Avsluttende kommentarer

I denne oppsummeringen reiser vi noen utvalgte problemstillinger som det er naturlig å ta opp ut fra resultatene på oppgavene drøftet i kapitlet. Dette er med andre ord ikke en full oppsummering av resultatene på alle oppgavene i kapitlet, men et valgt perspektiv med sikte på å reise viktige diskusjoner.

8.3.1 Vedlikehold av tidligere innlært kunnskap

Vi vet at kunnskap som ikke brukes over tid, har lett for å gå i glemmeboka. Det er indikasjoner på at dette kan være et av problemene man kanskje skal ta mer på alvor i skolen. Noen faglige emner, som Newtons lover, er sentrale i læreplanen i Fysikk 1, men ikke like sentrale i Fysikk 2, og det er mange elever som bommer i TIMSS Advanced når de får oppgaver hvor de må beherske dette stoffet. I den første oppgaven var det nettopp Newtons 3. lov elevene trengte for å svare rett på oppgaven. Mange norske elever viste en urovekkende usikkerhet. En mulig medvirkende årsak til dette kan også være at Newtons 3. lov i mindre grad enn 2. lov tradisjonelt brukes i norske fysikkoppgaver. At norske elever har framgang på oppgaven i forhold til TIMSS Advanced 2008, og nå ligger på samme nivå som de gjorde i 1995, svekker ikke en slik konklusjon. Ut fra hvor sentralt stoff dette er i fysikk, er det norske resultatet langt fra oppløftende. Basert på resultatene i andre land ser det ut til at problemet er internasjonalt. Newtons lover er fundamental kunnskap i fysikk som elevene vanligvis møter relativt tidlig i skoleløpet, men som trenger å vedlikeholdes for ikke å skape problemer senere. Det vi tar opp her, underbygges også av de norske elevenes prestasjoner på oppgaver som er *sentrale* i Fysikk 2, slik som oppgave 5. Her er de norske elevenes resultater helt på topp, også internasjonalt. Problematikken rundt vedlikehold av innlært kunnskap er derfor noe vi ønsker å løfte fram som et viktig tema med sikte på å bedre elevenes læring.

8.3.2 Økt vekt på kvalitative aspekter i enkelte fysikkfaglige emner

I de norske læreplanene har det i de siste tiårene vært en økt vekt på kvalitative aspekter av fysikk og fysikkens kulturelle betydning, jf. kapittel 2. Samtidig har det vært en nedtoning av kunnskap i termodynamikk, hvor læreplanen i dag kun har ett kompetansemål. Der står det at man skal ha en kvalitativ drøfting av termofysikkens første og andre lov. I tidligere læreplaner var det langt flere mål, og i disse målene ble det også lagt vekt på kvantitative aspekter. De norske resultatene på oppgave 7 i dette kapitlet viser noen av konsekvensene av denne endringen, med en markant nedgang i de norske prestasjonene. Denne endringen i læreplanen har blitt begrunnet blant annet med et ønske om å gi plass til mer teknologiske emner som for eksempel halvlederteknologi. En annen oppgave som berøres av den samme læreplanendringen, er oppgave 13. Kunnskapen om varmelære som man trenger for å løse oppgaven, behandles nå bare kvalitativt etter læreplanomleggingen i 2006. Flere av oppgavene i dette kapitlet bidrar til å underbygge en mer generell konklusjon om at norske elever gjennomgående presterer bedre på kvalitative oppgaver enn på oppgaver som krever kvantitative ferdigheter med beregninger. Det samme gjør resultater på oppgaver i kapittel 10, som omtales i de avsluttende kommentarene til det kapitlet. Resultater fra TIMSS Advanced bør ikke brukes til å avgjøre hva som skal være innholdet i norske læreplaner, men resultatene egner seg til å reise en diskusjon om hvorvidt en endring i fysikkfaget mot mer vekt på kvalitativ forståelse, og med nedtoning av kvantitative beregninger, er ønskelig. Det er i alle tilfeller viktig å diskutere *hvordan* man eventuelt kan gjøre en slik endring på en god måte.

Oppgaver i elektrisitet og magnetisme fra TIMSS Advanced 2015

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Tor Espen Hagen

Avdeling realfag, Lillestrøm videregående skole

I dette kapitlet presenterer vi resultater fra alle de frigitte fysikkoppgavene innen fagområdet elektrisitet og magnetisme i TIMSS Advanced 2015. Kapitlet er basert på et samarbeid mellom forskere ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning på Universitetet i Oslo og realfagslærere ved Lillestrøm videregående skole i Akershus. Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt på Universitetet i Oslo har også lest og kommentert et utkast til kapitlet. Det er de som står som forfattere av kapitlet, som er ansvarlige for kommentarene til oppgavene og resultatene som presenteres her.

Over hver oppgave har vi angitt den kognitive kategoriseringen av oppgaven og en kort beskrivelse av hva oppgaven går ut på. Vi har valgt å beholde dette på engelsk her; det er for at man lettere skal kunne finne fram til internasjonale publikasjoner hvor omtale av oppgaver inngår. Ellers benytter vi norske betegnelser. De kognitive nivåene har vi oversatt på følgende måte: For den engelske betegnelsen «Knowing» bruker vi *kunne* på norsk, for «Applying» bruker vi *anvende*, og for «Reasoning» bruker vi *resonnere*. For mer om dette, se kapittel 13. Systemet som er brukt for å kode de oppgavene som ikke er flervalgsoppgaver, er også beskrevet i kapittel 13.

I resultattabellen som følger etter hver oppgave, angis det internasjonale nummeret som oppgaven har i TIMSS Advanced. Korrekt svar er markert med gul farge (og for flervalgsoppgaver også med stjerne). For oppgaver som

har vært brukt også i tidligere gjennomføringer av studien (*trendoppgaver* fra 1995 og fra 2008), har vi oppgitt resultater for Norge også i de tidligere gjennomføringene.

TIMSS Advanced er en studie av elever i det siste året i videregående skole som har valgt full fordypning i fysikk og/eller matematikk. Denne boka konsentrerer seg om å presentere resultater i fysikk; se tidligere bok om resultater i matematikk (Grønmo & Hole, 2017). Hvor stor andel av et årskull i et land som har valgt fysikk, varierer ganske mye. I sammenlikninger mellom land er det viktig å ta hensyn til dette, da det sier mye om hvor stor del av elevene i et land som når opp til et visst nivå, generelt og på enkeltoppgaver. Prosentandelen av årskullet som tar fysikk til topps, det som kalles landets *dekningsgrad* i fysikk, og gjennomsnittsalderen til elevene i de landene vi sammenlikner med, er angitt i tabell 9.1.

Tabell 9.1 Dekningsgrad og alder i sammenlikningslandene i TIMSS Advanced 2015

Land	Dekningsgrad i %	Alder
USA	4,8	18,1
Russland	4,9	17,7
Norge	6,5	18,8
Slovenia	7,6	18,8
Sverige	14,3	18,8
Italia	18,2	18,9
Frankrike	21,5	18,0

Den høyeste andelen elever som velger fysikk, har Frankrike med 21,5 % og Italia med 18,2 %. Lavest andel finner vi i USA med 4,8 %, Russland med 4,9 % og Norge med 6,5 %. Det er også noe variasjon når det gjelder elevenes alder. Italia, Norge, Sverige og Slovenia har de eldste elevene. Yngst er elevene i Russland; de er vel ett år yngre enn elevene i de fire landene med eldst elever.

Til slutt i kapitlet har vi en kort oppsummering av noen viktige fellestrekk etter gjennomgangen av oppgavene i elektrisitet og magnetisme med tittelen «Avsluttende kommentarer». Disse kommentarene danner utgangspunkt for videre drøftinger og refleksjoner i kapittel 12, som tar for seg sentrale funn som er presentert gjennom boka.

De formlene som elevene fikk oppgitt i oppgaveheftene, er gjengitt i et eget appendiks bak i boka.

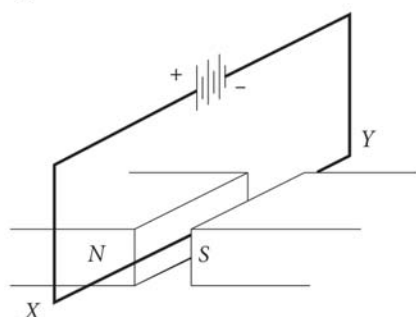
9.1 Trendoppgaver

Med *trendoppgaver* menes oppgaver som har blitt brukt også i tidligere gjennomføringer av TIMSS Advanced. Disse brukes til å forankre prestasjonsskalaen til de tidligere gjennomføringene. Det er bare ved å ha en del identiske oppgaver i de ulike studiene at det er mulig å sammenlikne prestasjoner på tvers av tid, altså måle trender (se kapittel 13). Først tar vi for oss trendoppgaver som ble brukt i både 1995, 2008 og 2015. Deretter ser vi på oppgaver som ble brukt i 2008 og 2015.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 1

Applying. Direction of magnetic force on wire
(Retning av magnetisk kraft på leder)

Ein leiar som fører elektrisk straum, vert plassert mellom to magnetar som vist på figuren.



Kva retning har den magnetiske krafta på leiaren XY?

- (A) Mot nordpolen
- (B) Mot sørpolen
- (C) Vertikalt oppover
- (D) Vertikalt nedover
- (E) Mot punktet Y

PA13016		A	B	C	D*	E	Ikke svart
Norge	1995	11	14	29	40	6	0
	2008	14	19	26	29	11	1
	2015	12	19	28	31	8	2
Sverige		16	18	27	20	15	3
USA		22	14	26	15	22	1
Russland		8	15	17	51	7	2
Slovenia		15	18	28	28	11	1
Frankrike		20	18	10	8	33	11
Italia		15	14	25	19	16	11
Int. gj.snitt		16	18	22	23	16	5

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*.

Opgaven tester elevens forståelse for anvendelse av likningen

$$\vec{F}_m = \vec{I} \times \vec{B}$$

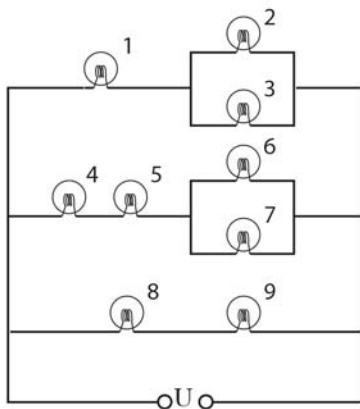
for den magnetiske kraften på en leder med strøm I og lengde l i et magnetfelt B . Kraftretningen for \vec{F}_m bestemmes ved bruk av høyrehåndsregelen. Her er det tre elementer elevene må mestre for å få rett svar. For det første må de finne strømretning (fra positiv til negativ pol) og så retningen på magnetfeltet (fra nord til sør), før de til slutt må gjøre bruk av kryssproduktet $\vec{F}_m = \vec{I} \times \vec{B}$. Dersom man gjør feil på en av de to første delene, vil kryssproduktet gi svar C. Som tabellen viser, er dette den mest valgte distraktoren (unntatt i Frankrike).

Sammenliknet med andre land gjør norske elever det bra på denne oppgaven, men Norge har en klar tilbakegang fra 1995. Oppgaven tester mye de samme kunnskapene som oppgave 10 i dette kapitlet, men er noe vanskeligere, da elevene selv må finne retning på magnetfeltet og strømmen. Skåren på denne oppgaven er da også lavere enn på oppgave 10.

Opgaven gjør bruk av vektorprodukt, som i Norge undervises både i fysikk og i matematikkurset R2. Det vil være en klar fordel for elevene å ha gjennomgått dette begge steder. I 2015 var det mulig for elevene å ta Fysikk 2 uten å ta Matematikk R2. Oppgaven tester også kjennskap til konvensjonene for strømretning og magnetfeltretning.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 2**Reasoning. Bulbs using least power****(Pærer med minst effekt)**

Ni identiske lyspærer 1–9 er kopla til ei konstant spenningskjelde U som vist på figuren.



Kva for lyspærer brukar minst energi ?

- (A) Lyspærene 2 og 3
- (B) Lyspærene 4 og 5
- (C) Lyspærene 6 og 7
- (D) Lyspærene 8 og 9

PA13018		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	24	8	56	11	2
	2008	26	8	54	13	0
	2015	28	7	50	13	2
Sverige		22	16	51	6	5
USA		31	9	43	17	1
Russland		29	10	41	19	2
Slovenia		16	12	59	12	1
Frankrike		33	7	29	28	3
Italia		29	9	36	19	7
Int. gj.snitt		27	11	44	16	3

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *resonnere*. Den krever en relativt omfattende kjennskap til elektrisitetstære. Men siden oppgaven er kvalitativt preget, kommer elevene langt med logisk tenkning, så lenge de kan bruke formlene som er oppgitt i oppgaveheftet.

Vi skal finne lyspærene som har lavest effekt (energi per tidsenhet). Fra formellista har vi $P = RI^2$, der P er effekt, R er resistans («motstand») og I er strøm. Siden lyspærene er identiske, kan vi anta at de har samme resistans. Altså er oppgaven å finne de lyspærene hvor det går minst strøm. Ut fra spenningskilden (U) har vi en trippelkobling. Vi finner den greinen som har minst strøm ved å se på hvilken grein som har størst samlet resistans. Hvis vi setter resistansen i hver pære til å være R , ser vi at den midterste greinen har mest resistans med $2,5 R$ (med øverste grein $1,5 R$ og nederste $2 R$). Dermed går det minst strøm i midterste grein. Videre går det mindre strøm i hver av pærene 6 og 7 enn det gjør i 4 og 5, dermed blir svaret at lyspære 6 og 7 bruker minst energi.

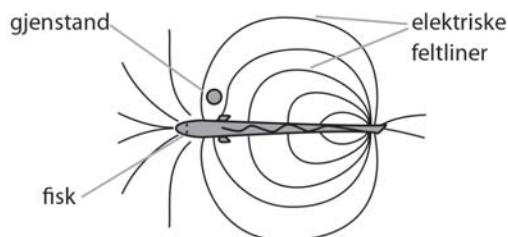
Læreplanene i 2008 og 2015 er tilnærmet like innen elektrisitetstære, og i begge år ble dette undervist i Vg2. Det er derfor vanskelig å peke på en strukturell grunn for den moderate nedgangen for norske elever. Den mest valgte distraktoren, også internasjonalt, er den andre parallellkoblingen (pære 2 og 3). Dette kan tyde på at elevene har skjønt at de må se etter minst mulig strøm, eller at de har observert i forsøk at parallellkoblinger har lavere effekt. Imidlertid har de antakelig ikke skjønt at hver grein i parallellkoblingen med pære 6 og 7 vil lede mindre strøm enn den med pære 2 og 3, fordi den totale resistansen i den øverste greinen er mindre.

De norske resultatene på denne oppgaven viser en svak tilbakegang siden 1995, men fortsatt ligger Norge over internasjonalt snitt på oppgaven.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 3

Applying. Direction of electric force

(Retning av elektrisk kraft)



Nokre fiskar lagar eit elektrisk felt for å oppdage gjenstandar i grumsete vatn. Halen til fisken blir negativt ladd og hovudet positivt ladd. Dersom den vesle gjenstanden vist ovanfor har ein positiv ladning, kva for ei pil viser BEST den rette retninga til den elektriske krafta som verkar på han?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)

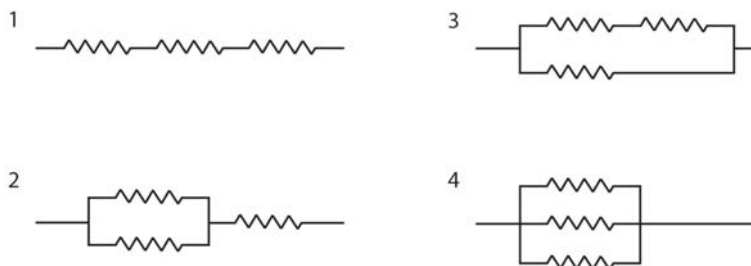
PA23104		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	2008	26	8	57	8	1
	2015	26	7	59	8	0
Sverige		20	11	54	13	2
USA		38	10	43	9	1
Russland		20	8	65	7	1
Slovenia		24	8	59	9	0
Frankrike		42	15	35	7	1
Italia		31	11	49	7	3
Int. gj.snitt		28	11	51	9	1

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*. Oppgaven handler om elektrisk kraft. I dette tilfellet holder det å vite at like ladninger frastøter hverandre; det er kun alternativ C som er kompatibelt med dette. De norske elevene har ifølge læreplanen arbeidet med elektriske dipoler og feltlinjer, så denne oppgaven passer godt til norsk fysikkpensum. De norske resultatene er da også relativt gode. Men som vi ser av tabellen, svarer over 40 % av de norske elevene feil.

Denne oppgaven har gode resultater også internasjonalt, med unntak av Frankrike og USA. Den mest valgte distraktoren for alle land er alternativ A, som viser en kraftvektor som peker inn mot midten av fisken. Her har muligens elevene sett på feltlinjene som en sirkelbevegelse og tenkt at summen av kreftene i en sirkelbevegelse med konstant banefart er rettet inn mot sentrum av sirkelen. En annen mulighet er at elevene kun har tatt i betraktning at den negativt ladde halen vil tiltrekke seg den positivt ladde gjenstanden.

Norges resultater på oppgaven er stabile fra 2008 til 2015 og er høyere enn det internasjonale snittet. Russland presterer best på oppgaven, mens Frankrike presterer klart svakest. Her må vi ta i betraktning at Russland har en svært lav dekningsgrad, mens Frankrike har en svært høy.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 4
Applying. Connections in decreasing resistance
(Koblinger etter minkende resistans)



Figuren ovanfor viser fire ulike måtar å kople saman tre identiske motstandar på. Kva for eit av alternativa viser dei fire koplingane i rekkjefølgje etter minkande resistans?

- (A) 1, 2, 3, 4
 (B) 1, 3, 2, 4
 (C) 4, 3, 2, 1
 (D) 4, 2, 3, 1

PA23038		A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	2008	46	20	22	11	1
	2015	42	17	25	14	2
Sverige		38	18	24	18	2
USA		36	19	28	16	1
Russland		60	20	12	8	0
Slovenia		62	20	10	8	1
Frankrike		23	15	35	23	4
Italia		32	22	23	19	5
Int. gj.snitt		40	18	24	16	2

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*. Den handler om resistans i enkle koblingsskjema. Formelen

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

for resistans i parallellkoblinger er med i formelsamlingen i oppgaveheftet. Hvis vi antar at resistansen i hver motstand er R , gir denne kombinert med additivitet av resistans i seriekoblinger:

$$R_1 = R + R + R = 3R$$

$$R_2 = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} + R = \frac{3}{2}R$$

$$R_3 = \left(\frac{1}{R+R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{2R} + \frac{2}{2R}\right)^{-1} = \frac{2}{3}R$$

$$R_4 = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} = \frac{1}{3}R$$

Ordnet etter minkende resistans får vi: $R_1 > R_2 > R_3 > R_4$, altså svaralternativ A.

Det går imidlertid an å resonnerer seg fram til dette alternativet også på en mer kvalitativ måte, uten bruk av formler: (2) har mindre resistans enn (1), fordi to seriekoblede motstander erstattes med to i parallell. Videre har (3) mindre resistans enn (2), fordi motstanden som i (2) ikke var i parallell, i (3) er lagt inn i parallellen. Endelig har (4) mindre resistans enn (3), fordi seriekoblingen i den ene greinen i (3) er erstattet med en parallell i (4). Det finnes også «branndør»-metaforer og liknende man kan bruke i undervisningen om dette; man kan tenke på motstandene som dører plassert etter hverandre eller ved siden av hverandre, og man skal bevege seg fra venstre til høyre når alarmen går.

Norge gjør det relativt bra på denne oppgaven, litt over internasjonalt snitt. Slovenia og Russland gjør det klart best.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 5
Knowing. Explain what symbols represent
(Forklar hva symbolene står for)

Formelen $F = qvB$ refererer til rørsle til ein ladd partikkel i eit homogent magnetfelt. Kva står symbola F , q , v og B for?

PA23041		10	70	79	Ikke svart
		Rett svar	Feil svar	Feil svar	
Norge	2008	79	18	3	1
	2015	75	16	8	2
Sverige		54	24	18	4
USA		25	27	41	7
Russland		72	21	4	3
Slovenia		71	24	5	1
Frankrike		5	37	48	10
Italia		66	21	6	6
Int. gj.snitt		50	24	20	6

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Kodemanualens krav for denne oppgaven var at F skulle forklares som «kraft», q som «elektrisk ladning», v som «hastighet» eller «fart», og B som «magnetisk felt», «magnetisk feltstyrke» eller «magnetisk flukstetthet». Det krevdes altså ikke noe annet enn enkeltstående ord. Noen fysisk tolkning av selve likningen $F = qvB$ ble ikke etterspurt. Spesielt var det ikke nødvendig å forklare at denne likningen tilsvarende tilfellet hvor magnetfeltet står vinkelrett på ladningens bevegelsesretning, jamfør vektorlikningen

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

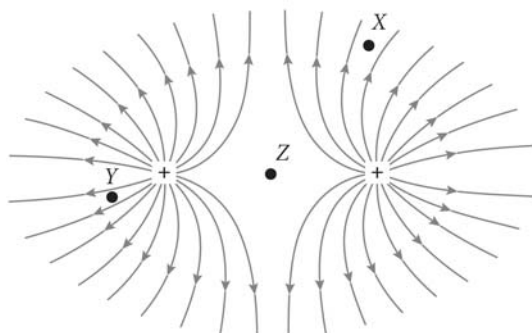
Dette tatt i betraktning burde oppgaven kunne forventes å være relativt lett sett i forhold til norsk fysikkpensum. Norge skårer da også meget godt på oppgaven, faktisk best av alle deltakerlandene. Endringen fra 2008 til 2015 er liten. Kravet for kode 70 var at tre av de fire symbolene i likningen var korrekt forklart. Frankrike og USA presterer klart svakest på oppgaven. Her er det en relativt stor andel av elevene som har fått 3 av 4 riktige, altså kode 70.

9.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier

Vi går nå over til å se på oppgaver som ikke er trendoppgaver, altså oppgaver som verken ble brukt i 1995 eller i 2008. Disse oppgavene ble utviklet til TIMSS Advanced-studien i 2015.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 6A
Applying. Forces in electric field
(Krefter i elektrisk felt)

Figuren viser de elektriske feltlinjene rundt to positive punktladninger.



- A. En positiv testladning er plassert i hvert av punktene angitt under. Velg den pila som best viser retningen til kraften ladningen vil oppleve i hvert av disse punktene.

Punkt X

Punkt Y

Punkt Z

(A) ↖

(A) ↖

(A) ↖

(B) ↗

(B) ↗

(B) ↗

(C) ↙

(C) ↙

(C) ↙

(D) ↘

(D) ↘

(D) ↘

(E) ingen kraft

(E) ingen kraft

(E) ingen kraft

PA33102A	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	76	24	1
Sverige	66	33	1
USA	68	32	1
Russland	73	24	3
Slovenia	67	32	1
Frankrike	76	23	1
Italia	66	28	6
Int. gj.snitt	68	27	6

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Også her ligger Norges skår helt i toppen.

Oppgaven tester forståelse av teorien for kraften som virker på en elektrisk ladning i et elektrisk felt. Slik figuren i oppgaveteksten ser ut, trenger elevene egentlig ikke å bruke retningen til feltlinjene, altså at disse går bort fra de positive punktladningene. Det holder å vite at positive ladninger vil frastøte positive ladninger, og slik sett er dette en enkel oppgave som godt kunne ha blitt gitt på et langt lavere nivå i naturfag. Imidlertid kan bruken av ord som «punktladninger» og «testladning» oppfattes som uklare hvis man ikke kjenner den teoretiske sammenhengen de vanligvis settes inn i.

For å få kode 10 på denne delen av oppgaven (del A), måtte elevene ha korrekt retningsangivelse for alle de tre punktene: B for X, C for Y og E for Z. Ved skåring av de norske elevbesvarelsene viste det seg at 93 % av de norske elevene hadde korrekt svar for punktet Z. (Dette er ikke gjengitt i tabellen.) Se kommentar i omtalen av oppgavens del B.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 6B
Applying. Order points by field strength
(Ordne punkter etter feltstyrke)

B. Skriv en liste med punktene X, Y og Z etter økende feltstyrke.

PA33102B	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	47	42	12
Sverige	46	49	5
USA	44	54	3
Russland	50	39	11
Slovenia	58	39	3
Frankrike	54	41	5
Italia	35	46	19
Int. gj.snitt	50	41	9

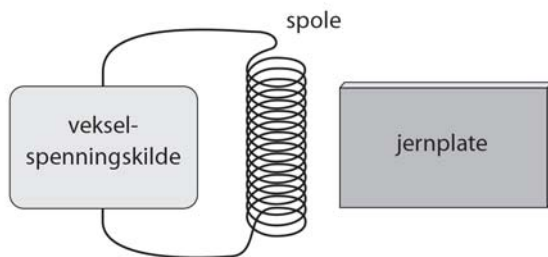
Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Her skal elevene ordne punktene X, Y og Z etter økende feltstyrke. Korrekt svar er at Z har svakest feltstyrke (null), deretter X og så Y. For å løse denne oppgaven holder det altså ikke kun å vite at partikler med like ladninger frastøter hverandre. Man må også vite at frastøtningen avtar i styrke jo lenger unna hverandre partiklene er, og kunne anvende dette prinsippet i tolkningen av figuren.

Det er interessant å sammenlikne resultatene på denne oppgaven med del A i samme oppgave. I del A hadde som nevnt 93 % av de norske elevene korrekt svar på kraften i punktet Z (ingen kraft). Hvis man kjenner begrepet feltstyrke, og vet at kraften på partikkelen vil være proporsjonal med feltstyrken, burde det være greit å komme fram til at Z har null feltstyrke, og at feltstyrken er svakere i X enn i Y. Likevel svarer langt færre norske elever korrekt på B enn på A. En mulig forklaring er at det er forståelsen av begrepet feltstyrke og relasjonen mellom dette og kraften på en ladd partikkel som svikter hos mange av de norske elevene.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 7

Reasoning. Heating an iron plate (Oppvarming av jernplate)

Hvis en jernplate er i nærheten av en spole som er koblet til en kilde med vekselspenning, så kan jernplaten bli varm å ta på.



Hvilken forklaring er best for dette fenomenet?

- (A) Elektrisk strøm dannes i jernplaten på grunn av den kjemiske potensielle energien som er lagret i spolen.
- (B) Elektrisk strøm dannes i jernplaten på grunn av den induserte spenningen.
- (C) Det magnetiske feltet til jernplaten overfører elektrisk energi fra spolen.
- (D) Det varierende magnetiske feltet i spolen blir mer intenst i jernplaten.

PA33121	A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	2	67	16	14	1
Sverige	4	53	22	20	2
USA	8	38	38	14	1
Russland	2	64	20	14	1
Slovenia	2	59	26	12	0
Frankrike	9	45	23	22	1
Italia	6	65	16	11	2
Int. gj.snitt	6	50	23	20	1

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *resonnere*. Den fysiske situasjonen i oppgaven er at vekselstrømkilden produserer en varierende strøm i spolen, som gir varierende magnetfelt. Variasjonen i magnetfeltet inducerer elektromotorisk spenning i jernplaten. Det ligger implisitt i oppgaven at jernet er ferromagnetisk. Da går det strøm i jernplaten, noe som på grunn av resistans leder til oppvarming. Formelt er den induserte spenningen gitt ved formelen

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$$

som finnes i formellista. Men elevene trenger altså ikke å bruke denne, de kan resonnerer kvalitativt. Alternativene elevene skal velge mellom, er relativt enkelt formulert. Kun ett av dem nevner induksjon, så en dypere forståelse for hvordan strømmen i jernplaten oppstår, kreves ikke. På den annen side krever oppgaven evne til å forstå en skriftlig framstilling av en praktisk, fysisk situasjon. Vi ser at norske elever ligger i toppen, men at oppgaven også internasjonalt framstår som relativt enkel.

Norge ligger klart over internasjonalt snitt på denne oppgaven. Tradisjonelt har induksjon vært mye brukt i norsk fysikkundervisning, kanskje blant annet på grunn av at anvendelser i vannkraftverk har vært mye brukt og allment kjent i Norge. Også Italia og Russland presterer godt.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 8
Applying. Rubbed balloon sticks to wall
(Ballong klistret til vegg)

Når Tina gnir en ballong fylt med luft mot ullgenserens sin, blir ballongen negativt ladet. Hun legger merke til at da vil ballongen klistre seg til veggen.

Forklar hvorfor den ladete ballongen vil klistre seg til veggen.

PA33047	10 Rett svar	79 Galt svar	Ikke svart
Norge	5	80	15
Sverige	14	75	11
USA	16	80	4
Russland	9	74	17
Slovenia	12	76	13
Frankrike	1	85	14
Italia	6	67	27
Int. gj.snitt	8	75	17

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Oppgaven fungerte muligens ikke så godt som den burde. Diskusjonene under utarbeidelsen av oppgaven internasjonalt resulterte i en ganske komplisert kodemanual. Slik de norske elevbesvarelsene framstod på denne oppgaven, er antakelig problemet at elevene ifølge kodemanualen *må* nevne at veggen får *omfordelt* ladningene ved at elektronene skyves bort fra den negativt ladde ballongen, altså at ladningene *flyttes*, for å få kode 10 (korrekt). Det holdt ikke bare å skrive at det er *statisk elektrisitet* som ligger bak, eller at ladningen til ballongen er *forskjellig fra* veggens ladning.

Her er det grunn til å mistenke at de norske elevene svarer ut fra hva de tidligere har fått forståelsen av at er tilstrekkelig å skrive på slike oppgaver, og at manglende referanse til flytting/omfordeling av ladninger ikke nødvendigvis reflekterer manglende fysisk forståelse. Resultatene viser at problemet sannsynligvis er noe av det samme i alle land. Både i Norge og internasjonalt er det svært svake resultater på oppgaven. Dette skjer altså til tross for at oppgavens problemstilling egentlig ikke er særlig avansert, og at oppgaven opprinnelig ikke var antatt å skulle være spesielt vanskelig.

Det kunne vært interessant å se hvor stor andel av elevene som besvarte oppgaven ved å henvise til statisk elektrisitet, for eksempel gjennom en egen 70-kode for dette. I kodemanualen ble dette slått sammen med andre feilsvar til den felles 79-koden.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 9

Applying. Pacemakers and electrical fields

(Pacemakere og elektriske felt)

Folk med implanterte pacemakere blir rådet til å holde minst 60 cm avstand fra noen elektriske apparater. Dette er for å unngå at det sterke elektriske feltet fra disse apparatene påvirker hvordan pacemakeren fungerer.

Hvor langt unna et slikt apparat burde en person med en pacemaker stå, dersom han eller hun ønsker å redusere feltstyrken med en faktor på 4 relativt til den avstanden de fikk råd om?

- Ⓐ 30 cm
 - Ⓑ 60 cm
 - Ⓒ 120 cm
 - Ⓓ 240 cm
-

PA33012	A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	6	4	44	44	2
Sverige	3	3	34	57	3
USA	5	5	41	48	1
Russland	2	2	35	61	1
Slovenia	4	0	57	39	1
Frankrike	4	4	19	71	3
Italia	6	4	28	55	7
Int. gj.snitt	5	4	33	55	3

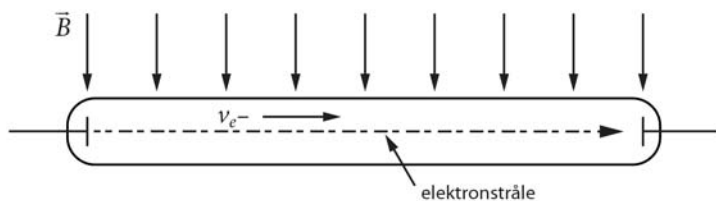
Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Prinsippet elevene må bruke her, er at dersom kilden til et elektrisk felt er en punktladning, og avstanden til kilden doubles, reduseres feltstyrken med en faktor 4. Dette kan formuleres ved å si at feltstyrken går som $1/r^2$, der r er avstanden til kilden. Dette kan forstås ved å tenke at et «fysisk fenomen» som spres i tre dimensjoner, kan anses som spredt på et kuleskall med overflate $4\pi r^2$, en tenkning som kan brukes i forbindelse med energi, elektrisk kraft/feltstyrke, gravitasjon og så videre på tvers av mange ulike fysiske fagfelter. Se også oppgave 15 i mekanikk og termodynamikk.

Blant distraktorene ser vi at D, som tilsvarer firedobling av avstanden, er den mest valgte. Dette er ikke overraskende, fordi det svarer til å tenke at en firedobling av avstanden tilsvarer reduksjon med en faktor 4 på feltstyrken.

Norge gjør det godt på oppgaven, kun Slovenia er bedre.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 10**Reasoning. Deflected electron beam****(Avbøyd elektronstråle)**

En stråle med elektroner går fra venstre mot høyre inne i et lufttomt glassrør.



Glassrøret blir utsatt for et homogent magnetisk felt som har retning nedover slik som vist på figuren. Hva vil skje med elektronene i strålen?

- (A) Strålen bøyer seg inn i arket.
- (B) Strålen bøyer seg ut av arket.
- (C) Strålen bøyer seg nedover.
- (D) Strålen bøyer seg oppover.

PA33120	A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	33	39	12	13	2
Sverige	23	39	19	16	3
USA	21	23	36	20	1
Russland	24	50	16	8	2
Slovenia	37	36	16	10	0
Frankrike					
Italia	24	27	28	14	8
Int. gj.snitt	24	32	24	16	4

Denne oppgaven ble kognitivt klassifisert som *resonnere*. Den er en åpen oppgave, og etter studien ble den valgt som forankringsoppgave på *avansert kompetansenivå*. Den er omtalt i (Grønmo, Hole & Onstad, 2016). Som nevnt der representerer oppgaven en anvendelse av kraftlikningen $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ for kraften \vec{F} på en ladning q som beveger seg med en hastighet \vec{v} i et magnetfelt \vec{B} , der kraftens retning bestemmes av høyrehåndsregelen innbakt i vektorproduktet. Distraktoren A tilsvare å regne ladningen q som positiv, noe som tilsvare å glemme at dette er et elektron. Dette kan være en medvirkende årsak til at A er det mest valgte ikke-korrekte svaralternativet. Distraktorene C og D tilsvare at man tenker på oppførsel i et elektrisk felt i stedet for et magnetisk felt.

Sammenliknet med andre land gjør Norge det relativt bra, men likevel var det kun 39 % av de norske elevene som besvarte oppgaven korrekt. Dette viser at oppgaver som i TIMSS Advanced blir målt til å ligge på avansert kompetansenivå, ikke nødvendigvis er vanskelige sett i en norsk skolekontekst. Norge ligger over internasjonalt snitt på oppgaven, og det er bare Russland som skårer høyere enn Norge. Vi så i oppgave 1 og 5 at Frankrike og USA presterer svakt i oppgaver som involverer kraftlikninger uttrykt ved vektorprodukt. USA gjør det svakt også her, mens Frankrike ikke har data på denne oppgaven. I situasjoner hvor en oppgave fungerer dårlig i et land, kan landets resultater tas ut.

9.3 Avsluttende kommentarer

I denne oppsummeringen reiser vi noen utvalgte problemstillinger som det er naturlig å ta opp ut fra resultatene på oppgavene drøftet i kapitlet. Dette er med andre ord ikke en full oppsummering av resultatene på alle oppgavene i kapitlet, men et valgt perspektiv med sikte på å reise viktige diskusjoner.

9.3.1 Generell tilbakegang på fagområdet elektrisitet og magnetisme

På trendoppgavene fra 1995, oppgave 1 og 2, ser vi en svak tilbakegang på begge i størrelsesorden fra 6 til 9 prosentpoeng. En tilbakegang på en enkeltoppgave som er så vidt liten, vil ikke være signifikant. Men det at nedgangen er den samme i begge oppgavene, kan tyde på at vi her har å gjøre med en

systematisk negativ utvikling på området elektrisitet og magnetisme. Dette i motsetning til resultatene på områdene mekanikk og termodynamikk (se kapittel 8) og bølger og atom-/kjernefysikk (se kapittel 10). Der er det noen oppgaver som utmerker seg med relativt stor nedgang i prestasjoner, og det er oppgaver hvor vi kan relatere resultatet til endringer i læreplanen. Tilbakegangen vi finner på fagområdet elektrisitet og magnetisme, ser derimot ut til å være et uttrykk for et generelt fallende faglig nivå.

Trendoppgavene 3, 4 og 5 viser en nedgang fra 2008 på 4 prosentpoeng i to av oppgavene, og en framgang på 2 prosentpoeng i én oppgave. Dette resultatet understøtter den generelle konklusjonen om at vi for elektrisitet og magnetisme kan snakke om en jevn, svak tilbakegang for dette fagområdet i fysikk.

9.3.2 Ensidighet og variasjon i utformingen av oppgaver

Den store variasjonen i resultater på noen av oppgavene kan tenkes å være resultat av at norske elever presterer bedre på oppgaver som likner mye på konteksten og måten spørsmålene stilles på i oppgaver de presenteres for i lærebøkene. Vi tenker da ikke på det faglige innholdet i oppgaven, men mer på måten oppgaven er utformet på. Resultatene på oppgavene 6A og 6B eksemplifiserer dette. I teksten til oppgavene ble det pekt på mulige fysikkfaglige forklaringer på den store forskjellen i prosent riktige svar for Norge (76 versus 47). Det er imidlertid klart at denne forskjellen også kan skyldes varierende nærhet til kjente oppgavesjangre eller måter å stille spørsmålet på: Elevene mestrer spørsmål av den typen de er vant til, og i mindre grad spørsmål som stilles på en ukjent eller uvanlig måte, selv i situasjoner hvor det fysikkfaglige innholdet i oppgavene er nært relatert. En robust begrepsforståelse i fysikk bør sette elevene i stand til å takle nye måter å anvende innlært kunnskap på. Vi stiller på bakgrunn av dette spørsmålet om man i norsk skoles fysikkundervisning bør tilstrebe en større grad av variasjon, ikke når det gjelder faglig innhold, men i måten problemene elevene skal løse, formuleres på.

Oppgaver i bølger og atom-/kjernefysikk fra TIMSS Advanced 2015

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Tor Espen Hagen

Avdeling realfag, Lillestrøm videregående skole

I dette kapitlet presenterer vi resultater fra alle de frigitte fysikkoppgavene innen fagområdet bølger og atom-/kjernefysikk i TIMSS Advanced 2015. Kapitlet er basert på et samarbeid mellom forskere ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning på Universitetet i Oslo og realfagslærere ved Lillestrøm videregående skole i Akershus. Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt på Universitetet i Oslo har også lest og kommentert et utkast til kapitlet. Det er de som står som forfattere av kapitlet, som er ansvarlige for kommentarene til oppgavene og resultatene som presenteres her.

Over hver oppgave har vi angitt den kognitive kategoriseringen av oppgaven og en kort beskrivelse av hva oppgaven går ut på. Vi har valgt å beholde dette på engelsk her; det er for at man lettere skal kunne finne fram til internasjonale publikasjoner hvor omtale av oppgaver inngår. Ellers benytter vi norske betegnelser. De kognitive nivåene har vi oversatt på følgende måte: For den engelske betegnelsen «Knowing» bruker vi *kunne* på norsk, for «Applying» bruker vi *anvende*, og for «Reasoning» bruker vi *resonnere*. For mer om dette, se kapittel 13. Systemet som er brukt for å kode de oppgavene som ikke er flervalgsoppgaver, er også beskrevet i kapittel 13.

I resultattabellen som følger etter hver oppgave, angis det internasjonale nummeret som oppgaven har i TIMSS Advanced. Korrekt svar er markert med gul farge (og for flervalgsoppgaver også med stjerne). For oppgaver som

har vært brukt også i tidligere gjennomføringer av studien (*trendoppgaver* fra 1995 og fra 2008), har vi oppgitt resultater for Norge også i de tidligere gjennomføringene.

TIMSS Advanced er en studie av elever i det siste året i videregående skole som har valgt full fordypning i fysikk og/eller matematikk. Denne boka konsentrerer seg om å presentere resultater i fysikk; se tidligere bok om resultater i matematikk (Grønmo & Hole, 2017). Hvor stor andel av et årskull i et land som har valgt fysikk, varierer ganske mye. I sammenlikninger mellom land er det viktig å ta hensyn til dette, da det sier mye om hvor stor del av elevene i et land som når opp til et visst nivå, generelt og på enkeltoppgaver. Prosentandelen av årskullet som tar fysikk til topps, det som kalles landets *dekningsgrad* i fysikk, og gjennomsnittsalderen til elevene i de landene vi sammenlikner med, er angitt i tabell 10.1.

Tabell 10.1 Dekningsgrad og alder i sammenlikningslandene i TIMSS Advanced 2015

Land	Dekningsgrad i %	Alder
USA	4,8	18,1
Russland	4,9	17,7
Norge	6,5	18,8
Slovenia	7,6	18,8
Sverige	14,3	18,8
Italia	18,2	18,9
Frankrike	21,5	18,0

Den høyeste andelen elever som velger fysikk, har Frankrike med 21,5 % og Italia med 18,2 %. Lavest andel finner vi i USA med 4,8 %, Russland med 4,9 % og Norge med 6,5 %. Det er også noe variasjon når det gjelder elevenes alder. Italia, Norge, Sverige og Slovenia har de eldste elevene. Yngst er elevene i Russland; de er vel ett år yngre enn elevene i de fire landene med eldst elever.

Til slutt i kapitlet har vi en kort oppsummering av noen viktige fellestrekk etter gjennomgangen av oppgavene i bølger og atom-/kjernefysikk med tittelen «Avsluttende kommentarer». Disse kommentarene danner utgangspunkt for videre drøftinger og refleksjoner i kapittel 12, som tar for seg sentrale funn som er presentert gjennom boka.

De formlene som elevene fikk oppgitt i oppgaveheftene, er gjengitt i et eget appendiks bak i boka.

10.1 Trendoppgaver

Med *trendoppgaver* menes oppgaver som har blitt brukt også i tidligere gjennomføringer av TIMSS Advanced. Disse brukes til å forankre prestasjonsskalaen til de tidligere gjennomføringene. Det er bare ved å ha en del identiske oppgaver i de ulike studiene at det er mulig å sammenlikne prestasjoner på tvers av tid, altså måle trender (se kapittel 13). Først tar vi for oss trendoppgaver som ble brukt i både 1995, 2008 og 2015. Deretter ser vi på oppgaver som ble brukt i 2008 og 2015.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 1

Knowing. Fraunhofer lines

(Fraunhofer-linjer)

I det kontinuerlege solspekteret finn vi mange mørke liner, dei såkalla Fraunhoferske linene.

Kva for ein påstand er korrekt?

- (A) Dei mørke linene kjem frå Fraunhoferbøying i teleskopet.
 - (B) Dei mørke linene kjem frå absorpsjon av lys i gassane i atmosfæren til sola.
 - (C) Solspekteret manglar spektralliner til alle stoffa som finst i sola.
 - (D) Dei mørke linene kjem av forbrenning av stoff i sola.
 - (E) Solspekteret vert endra av kosmisk stråling i rommet mellom sola og jorda.
-

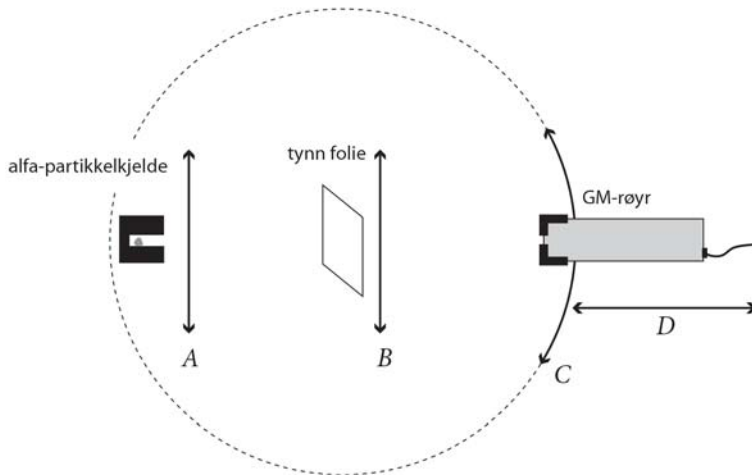
PA13011		A	B*	C	D	E	Ikke svart
Norge	1995	1	83	6	4	6	1
	2008	4	74	11	3	7	1
	2015	1	87	7	1	2	1
Sverige		14	45	15	8	15	3
USA		19	41	15	10	13	3
Russland		29	44	12	6	8	2
Slovenia		14	60	10	9	6	2
Frankrike		9	76	3	3	6	3
Italia		17	42	11	7	10	13
Int. gj.snitt		14	56	12	6	8	5

Dette er en flervalgsoppgave som kognitivt er klassifisert som *kunne*. Både i naturfag (Vg1) og i Fysikk 1 (Vg2) har de norske elevene læreplanmål koblet opp mot oppgavens tema, som er absorpsjonslinjer i lys fra sola og andre stjerner. I læreplanen for naturfag i Vg1 finner vi kompetansemålet: «forklare hvordan elektromagnetisk stråling fra verdensrommet kan tolkes og gi informasjon om verdensrommet» og i Fysikk 1 finner vi: «beskrive Bohrs atommodell og beregne frekvenser og bølgelengder til spektrallinjer i emisjons- og absorpsjonsspektre ut fra den.»

At denne oppgaven er klassifisert under kognitivt område *kunne*, er svært naturlig. Den framstår nærmest bare som en sjekk på om elevene har hatt det aktuelle temaet i sin undervisning. Gitt at elevene har vært borti dette, burde det være en enkel sak å eliminere distraktorene A, C, D og E. Siden dette temaet dekkes meget godt i Fysikk 1 og delvis i naturfag (Vg1), burde man kunne forvente høy skår på denne blant norske elever, noe man også har fått, for Norge er klart best av alle deltakerlandene. Norge har en klar nedgang fra 1995 til 2008 og en litt større framgang fra 2008 til 2015. Den siste framgangen kan henge sammen med stor vekt på astrofysikk i fysikkpensumet til elevene i 2015-studien. I USA, Italia, Russland og Sverige er prosentandelen for riktig svar omtrent halvparten av prosenten i Norge, noe som signaliserer at det er stor forskjell på hvor stor vekt man legger på dette temaområdet i ulike land (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016b).

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 2
Applying. Rutherford experiment
(Rutherford-eksperimentet)

Figuren viser eit eksperimentoppsett for å studere Rutherfordspreiing. Pilene A, B, C, D indikerer dei ulike delane av oppsettet som vi kan flytte på.



Kva for ein del av oppsettet må vi flytte på for å få eit passende sett av data?

- Ⓐ Flytte alfa-partikkelkjelda i forhold til dei andre delane, som vist
- Ⓑ Flytte den tynne folien i forhold til dei andre delane, som vist
- Ⓒ Rotere GM-røyrret rundt den tynne folien, som vist
- Ⓓ Endre avstanden mellom den tynne folien og GM-røyrret, som vist

PA13013		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	7	7	49	36	2
	2008	7	9	37	45	2
	2015	6	12	40	39	3
Sverige		10	15	32	40	3
USA		8	11	40	39	2
Russland		8	15	49	26	1
Slovenia		10	22	31	35	2
Frankrike		5	13	30	47	4
Italia		10	13	35	27	16
Int. gj.snitt		9	15	34	36	6

Denne oppgaven er i den kognitive kategorien *anvende*. Oppgaven dreier seg om det klassiske eksperimentet med Rutherford-spredning, der man observerer at noen av de utsendte alfapartiklene blir bøyd kraftig av, mens andre blir bøyd lite. For å kunne observere denne effekten, må vinkelen mellom alfa-partikkelkilden og detektoren (GM-røret) varieres, og dermed er C det riktige svaralternativet.

Denne typen eksperimenter ledet historisk fram til utviklingen av Bohr-Rutherford-modellen for atomet, med ideen om en liten, positivt ladd atomkjerne med en sky av negativt ladde elektroner rundt seg. Mens Rutherford-spredning ikke er direkte nevnt i den norske læreplanen, er Bohrs atommodell med. Videre har lærebøkene avsnitt med historiske tilbakeblikk, og der kan dette passe naturlig inn. Har elevene ikke sett det klassiske eksperimentet, men kun har den generelle forståelsen fra Bohrs atommodell, kan oppgaven være vanskelig å besvare. Distraktor D framstår som den mest plausible for elevene i alle land. I en del land er det flere som velger D enn det riktige svaret C. I 2008 oppnådde distraktor D 45 % i Norge, mot 37 % riktig.

Gitt at man ikke kjenner det klassiske eksperimentet, kan det også framstå som uklart hva som i oppgaveteksten menes med «eit passende sett av data». Norge har hatt noe tilbakegang på oppgaven siden 1995, men ligger fortsatt over det internasjonale snittet.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 3**Reasoning. Photoelectric effect****(Fotoelektrisk effekt)**

Ved fotoelektrisk effekt er den kinetiske energien til eit emittert elektron mindre enn energien til fotonet fordi

- (A) fotonenergien ikkje vert absorbert fullstendig.
- (B) frekvensen til fotonet ikkje var større enn grensefrekvensen.
- (C) elektronet er svært sterkt bunde til atomet.
- (D) elektronet mistar litt energi når det frigjer seg frå overflata.

PA13017		A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	1995	11	9	10	70	0
	2008	13	12	12	61	3
	2015	13	15	14	56	3
Sverige		10	9	12	64	5
USA		15	10	15	59	2
Russland		12	12	8	67	2
Slovenia		18	5	8	68	1
Frankrike		25	9	14	47	5
Italia		12	9	17	49	13
Int. gj.snitt		16	10	14	56	4

Denne oppgaven er i den kognitive kategorien *resonnere*. Det er en kvalitativ oppgave der elevene må resonnerer ut fra prinsipper om energibevaring. Vi ser at Norge har hatt en markant tilbakegang på oppgaven, fra 70 % riktig i 1995 til 56 % riktig i 2015. Distraktorene A, B og C har, både for de norske elevenes vedkommende og internasjonalt, omtrent lik svarprosent. Dette kan indikere at distraktorene i oppgaven har fungert etter hensikten; de har jevnt over framstått som omtrent like plausible for elevene.

En ting som kan slå negativt ut for de norske elevene på denne oppgaven, er rekkefølgen for pensumgjennomgangen i Fysikk 2. TIMSS Advanced 2015 ble gjennomført i begynnelsen av mars for mange skoler i Norge, og det er ikke sikkert at fotoelektrisk effekt, som i flere av de brukte lærebøkene er plassert mot slutten, da var dekket.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 4
Applying. Nuclear change in an atom
(Kjerneforandring i et atom)

Eit atom med atomnummer Z og massetal A går over til eit atom med atomnummer $Z + 1$ og massetal A .

Kva for ei av desse endringane kan ha gått føre seg i kjernen ?

- (A) Emisjon av ein alfapartikkel
 - (B) Emisjon av ein betapartikkel
 - (C) Emisjon av gammastråling
 - (D) Absorpsjon av eit deutron og så emisjon av eit nøytron
 - (E) Absorpsjon av eit nøytron og så emisjon av eit gammafoton
-

PA13019		A	B*	C	D	E	Ikke svart
Norge	1995	14	19	14	27	23	3
	2008	19	15	10	28	24	3
	2015	15	24	9	27	21	5
Sverige		23	22	12	18	20	4
USA		20	26	9	20	23	3
Russland		7	73	4	6	8	2
Slovenia		18	41	7	16	16	1
Frankrike		18	19	12	15	31	6
Italia		10	13	14	19	24	21
Int. gj.snitt		14	32	10	17	20	7

Denne oppgaven er i den kognitive kategorien *anvende*. Man kan her resonere slik: Siden massetallet til atomet er uforandret, og atomnummeret samtidig har økt med 1, må antall protoner i kjernen ha økt med 1 og antall nøytroner blitt redusert med 1. Den eneste prosessen som er kompatibel med dette er B, altså betastråling, siden denne innebærer at et elektron emitteres fra atomet samtidig som et nøytron omdannes til et proton.

Det er interessant å se de store forskjellene mellom landene her. Kjernefysikk ser ut til å bli sterkt vektlagt i Russland og til dels i Slovenia. Norge har hatt en viss framgang på oppgaven siden 1995, men ligger fortsatt et stykke under det internasjonale gjennomsnittet. Oppgavens tema lå klart innenfor norsk pensum i både 1995, 2008 og 2015 (Mullis et al., 2016b).

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 5
Knowing. Protons and neutrons in isotopes
(Protoner og nøytroner i isotoper)

Dei første åtte grunnstoffa i det periodiske systemet, som er rangerte etter atomnummer, er H, He, Li, Be, B, C, N og O.

Fyll ut tabellen nedanfor med «Kor mange proton» og «Kor mange nøytron» i desse isotopane.

Isotop	Kor mange proton	Kor mange nøytron
${}^4\text{He}$		
${}^{14}\text{C}$		
${}^{14}\text{N}$		

PA23088		10	70	71	79	Ikke svart
		Rett svar	Feil svar	Feil svar	Feil svar	
Norge	2008	51	7	2	34	5
	2015	63	5	1	27	4
Sverige		48	4	2	38	8
USA		35	9	3	44	9
Russland		71	2	3	16	8
Slovenia		55	3	1	31	10
Frankrike		22	6	2	57	14
Italia		20	7	1	32	41
Int. gj.snitt		46	5	2	34	13

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Korrekt svar på oppgaven er at ${}^4\text{He}$ (helium) har 2 protoner og 2 nøytroner, ${}^{14}\text{C}$ (karbon) har 6 protoner og 8 nøytroner, og ${}^{14}\text{N}$ (nitrogen) har 7 protoner og 7 nøytroner. Kode 70 ble gitt til elever som hadde 5 av de 6 tallene riktige. Kode 71 ble gitt hvis alle protoner var angitt riktig, mens det var feil med nøytronene.

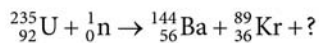
I norsk naturfagpensum på Vg1 er de 20 første grunnstoffene dekket, og der innarbeides hovedregelen om at for de vanlige isotopene med lettere

atomkjerner er antall protoner lik antall nøytroner. Dette kan holde til å finne korrekt fordeling for nitrogenisotopen. Når det gjelder karbonisotopen, er det kjent for norske elever at 1 u (atomær masseenheter) er definert som 1/12 av massen til ^{12}C , og at karbon dermed har 6 protoner. Videre er isotopen ^{14}C kjent blant annet gjennom « ^{14}C -metoden» for datering av dødt organisk materiale, så det skulle da være greit å komme fram til at ^{14}C må ha 8 nøytroner. De norske elevene har også arbeidet med alfastråling, som består av heliumkjerner ^4He , og at helium er grunnstoff nummer 2, er innarbeidet i naturfag. Dermed skulle også dette tilfellet være greit.

Norge ligger klart over det internasjonale snittet, bare Russland skårer høyere. Norge har også en framgang fra 2008, noe som rimer med at denne typen stoff sannsynligvis ble vektlagt mer i 2015 enn i 2008.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 6 *Applying. Complete equation for reaction* *(Kompletter reaksjonslikningen)*

I ein fisjonsreaktor i eit kjernekraftverk kan denne reaksjonen skje:



Fullfør likninga for reaksjonen ovanfor.

PA23066		10	11	70	79	Ikke svart
		Rett svar	Rett svar	Feil svar	Feil svar	
Norge	2008	22	22	15	26	15
	2015	35	17	13	28	7
Sverige		17	17	15	32	19
USA		7	2	3	63	25
Russland		50	2	7	30	12
Slovenia		22	11	11	33	23
Frankrike		16	1	11	60	13
Italia		3	1	3	20	74
Int. gj.snitt		23	6	8	40	24

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*. Oppgaven kan løses ved anvendelse av prinsippene for bevaring av ladning og totalt antall kjernepartikler. På venstre side av reaksjonslikningen er det til sammen 92 protoner og 236 kjernepartikler, altså er det 144 nøytroner. På høyre side er det foreløpig 92 protoner og 233 kjernepartikler, altså 141 nøytroner. Det mangler altså 3 nøytroner og 0 protoner på høyre side, noe som i standard notasjon skrives $3\frac{1}{0}n$. Elever som angav svaret slik, fikk kode 10. Kodemanualen godtok også andre skrivemåter for 3 nøytroner, som for eksempel $3n$ og «tre nøytroner». Elever som brukte disse, fikk kode 11. Kode 70 betyr at elevens svar var 2 nøytroner.

Vi ser at det i Norge er klar framgang på denne oppgaven fra 2008 til 2015, noe som indikerer økt vekt på kjernefysikk i utviklingen av fysikkfaget mellom disse årene. I Fysikk 1 er det vanlig å diskutere kjernekraftverk, og reaksjoner av typen man finner i denne oppgaven, kan brukes som eksempel på kjedereaksjoner. Norge og Russland utmerker seg som landene som gjør det best på denne oppgaven.

10.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier

Vi går nå over til å se på oppgaver som ikke er trendoppgaver, altså oppgaver som verken ble brukt i 1995 eller i 2008. Disse oppgavene ble utviklet til TIMSS Advanced-studien i 2015.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 7

Knowing. Nuclear power plant fuel

(Energikilde i kjernekraftverk)

I kull- og gasskraftverk er kilden til energi som brukes til å lage elektrisitet, en kjemisk reaksjon. Slik er det ikke i kjernekraftverk.

Hvilken energikilde brukes til å lage elektrisitet i et kjernekraftverk?

- Ⓐ omgjøring av masse til energi under kjernereaksjonen
- Ⓑ frigjøring av energi når de aktive stoffene i reaktorkjernen utvider seg
- Ⓒ oksidering av radioaktivt materiale i kjernekraftverkets reaktorkjerne
- Ⓓ absorpsjon av elektromagnetisk stråling fra de aktive stoffene i reaksjonen

PA33115	A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	60	19	10	9	2
Sverige	37	44	8	10	2
USA	29	44	13	13	1
Russland	54	37	6	2	1
Slovenia	43	50	4	2	1
Frankrike	14	64	11	11	1
Italia	42	28	10	13	7
Int. gj.snitt	38	41	9	10	3

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Innholdsmessig burde den representere kjent stoff for norske fysikkelever. Kilden til energi i kjernekraftverk er omdanning av masse til energi etter formelen $E = mc^2$. Imidlertid krever oppgaven også leseferdigheter, noe som delvis kan forklare at såpass mange elever velger feil alternativ. Blant distraktorene er B mest valgt, både i Norge og internasjonalt. I noen land har B større svarprosent enn det riktige alternativet A. Dette kan henge sammen med at alternativ B omhandler «de aktive stoffene i reaktorkjernen», som helt korrekt spiller den sentrale rollen i kjernereaksjonen. Problemet med B er at uttrykket «utvider seg» er galt; dersom det hadde blitt byttet med «spaltes», ville B vært en korrekt beskrivelse av dagens kjernekraftverk. Vi ser her at oppgaven krever forståelse for hva en kjerneprosess rent fysisk er. Noe av det samme er tilfellet med distraktor C, der det kun er ordet «oksidering» som egentlig er galt.

Norge har den høyeste prosentandelen riktige svar på oppgaven, langt over internasjonalt snitt, etterfulgt av Russland.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 8
Applying. Sound wavelength in air
(Bølgelengde for lyd i luft)

Et dyr som lever i sjøen lager en lyd med en frekvens på $1,00 \cdot 10^2$ Hz under vannet. Lyden blir fanget opp over vannoverflaten.

Lydhastigheten i luft ved 20°C og 1 atm er 343 m/s. Hva er bølgelengden til lyden etter at den har kommet ut i luften når temperaturen er 20°C ?

Svar: _____ m

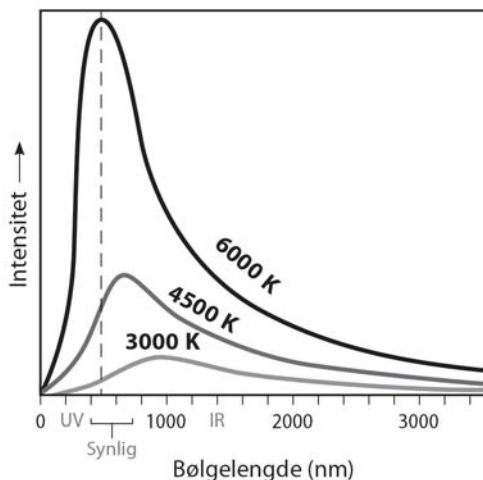
PA33005	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	59	24	17
Sverige	53	28	19
USA	53	35	12
Russland	64	17	19
Slovenia	72	20	8
Frankrike	47	30	23
Italia	43	20	37
Int. gj.snitt	58	23	19

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*. Den er omtalt i Grønmo, Hole & Onstad (2016). Som nevnt der må elevene for å løse denne oppgaven bruke at lydbølgens *frekvens* ikke endres når lydbølgene overføres fra vannet til luften. Formelen $v = \lambda f$ for sammenhengen mellom bølgefarten v , frekvensen f og bølgelengden λ er oppgitt i formellista elevene har i oppgaveheftet, og den er også kjent fra det norske fysikkpensumet. Her er nå både frekvens $f = 100$ Hz og bølgefart $v = 343$ m/s kjent, og elevene kan dermed finne bølgelengden som $\lambda = v/f = 3,43$ meter.

Norge presterer på nivå med det internasjonale snittet på denne oppgaven. Det er interessant at så mye som 40 % av de norske elevene ikke får den til. Man kan på grunnlag av praktisk fysikkforståelse konkludere med at frekvensen til en bølge ikke endres ved overgangen mellom to medier. Derfra til å løse oppgaven korrekt er det relativt kort vei. Se også oppgave 12. Merk at internasjonalt er det ganske mange elever som ikke besvarer oppgaven. Noe liknende ser man i oppgave 6.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 9A
Reasoning. Temperature and frequency intensity
(Temperatur og frekvensintensitet)

Alle ting sender ut et spekter av elektromagnetisk stråling. Når en gjenstand forandrer temperatur, vil de relative intensitetene til de utsendte frekvensene forandres. Kurvene i figuren nedenfor viser fordelingen til den utsendte elektromagnetiske strålingen fra en gjenstand ved tre ulike temperaturer.



- A. Hva skjer når gjenstandens temperatur øker?
- (A) Den totale intensiteten til infrarød stråling utsendt av gjenstanden minker.
 - (B) Bølgelengden til strålingen med maksimal intensitet øker.
 - (C) Frekvensen til strålingen med maksimal intensitet øker.
 - (D) Energien til strålingen med maksimal intensitet minker.
-

PA33101A	A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	6	16	67	10	1
Sverige	10	25	54	10	1
USA	6	29	57	8	1
Russland	8	28	54	8	2
Slovenia	10	26	54	10	1
Frankrike	14	27	47	10	2
Italia	10	27	47	7	9
Int. gj.snitt	9	25	54	9	3

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *resonnere*. Den inneholder noe som nærmest er en ren matematikkoppgave, der elevene må tolke de oppgitte grafene for strålingsintensiteten som funksjon av bølgelengde ved tre ulike gitte temperaturer. Alternativene A og B kan elimineres ved direkte avlesing av grafene.

Samtidig er dette en berømt problemstilling i fysikk. Disse grafene representerer de eksperimentelle resultatene som bidro til at fysikerne omkring år 1900 erkjente at klassisk elektrodynamikk var utilstrekkelig, og som derved ledet til utviklingen av kvantemekanikken. Det er sannsynlig at de norske elevene har sett slike grafer i fysikkundervisningen, og de gjør det best av alle deltakerlandene på denne oppgaven. Hvis vi ser bort fra Norge, varierer prestasjonene relativt lite mellom landene sammenliknet med andre oppgaver.

Fra grafene ser man at bølgelengden λ for grafenes maksimumspunkt avtar med økende temperatur. Siden alle bølger beveger seg med den samme hastigheten v (lyshastigheten i vedkommende medium), følger det av likningen $v = \lambda f$, som er oppgitt i elevheftenes formellista, at frekvensen til strålingen med maksimal intensitet øker med økende temperatur. Altså er alternativ C korrekt.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 9B
Reasoning. Wavelength of max intensity radiation
(Bølgelengde ved maksimal strålingsintensitet)

- B. Wiens lov sier at produktet av en gjenstands temperatur og bølgelengden til strålingen ved maksimal intensitet utsendt ved denne temperaturen, er konstant ($\lambda_{\max} T = b$).

Vegard ønsker å vite om Wiens lov gjelder for denne gjenstanden. Han bruker grafen på forrige side og beregner λ_{\max} med de tre temperaturene som er gitt.

Vegard ganger deretter de beregnede bølgelengdene med sine tilhørende temperaturer, og viser resultatene sine i tabellen under.

T (K)	λ_{\max} (nm)	λ_{\max} (m)	$\lambda_{\max} T = b$ (m·K)
3000	950	$9,5 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$
4500	660	$6,6 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
6000	500	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$

Vegard konkluderer med at Wiens lov gjelder for denne gjenstanden. Er du enig i hans konklusjon?

(Kryss av i én rute.)

- Ja
 Nei

Forklar svaret ditt.

PA33101B	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	6	90	4
Sverige	16	77	7
USA	11	86	3
Russland	14	76	10
Slovenia	26	73	1
Frankrike	9	88	3
Italia	3	76	21
Int. gj.snitt	14	79	8

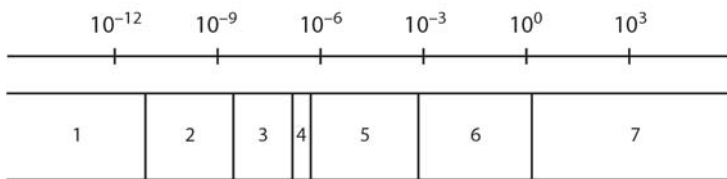
Denne oppgaven er kognitivt kategorisert som *resonnere*. Her er oppgaven rett og slett å sjekke om temperaturen T multiplisert med bølglengden λ for strålingen med maksimal intensitet er (tilnærmet) konstant for de tre temperaturene vist i figuren, der mindre avvik kan tilskrives målefeil. Konstanten man skal få, som tilsvarer høyre kolonne i tabellen i oppgaven, er oppgitt i formelsamlingen i oppgaveheftene under betegnelsen «konstant i Wiens forskyvningslov». Den norske læreplanen inneholder kompetansemålet «gjøre beregninger med Stefan-Boltzmanns lov og Wiens forskyvningslov», så de norske elevene skal ha vært innom dette. Korrekt svar er JA, siden den relative variasjonen i konstanten for de tre temperaturene er så liten at den kan tilskrives målefeil eller usikkerheten i grafene. Imidlertid vil det alltid ligge et element av skjønn i bedømmingen av dette, noe som representerer et usikkerhetsmoment når resultatene fra oppgaven skal tolkes.

Ved hjelp av formelsamlingen foran i oppgaveheftet er det mulig for elevene å finne ut av dette *uten* på forhånd å ha hørt om Wiens forskyvningslov. Likevel har svært få av de norske elevene fått til oppgaven. Det norske resultatet på denne oppgaven kan derfor også tolkes som at elevene gir opp litt for lett når de ser begreper eller problemstillinger som de (mistenker at de) ikke kjenner. Resultatene på oppgaven er gjennomgående dårlige internasjonalt, og kontrasten med deloppgave A er stor. Slovenia har klart høyest prosent korrekte svar på deloppgave B.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 10A
Knowing. Electromagnetic radiation
(Elektromagnetisk stråling)

Figuren viser bølgelengdene til delene av det elektromagnetiske spekteret. Hvert område representerer én type elektromagnetisk stråling. Område 4 representerer synlig lys.

Bølgelengde λ (m)



A. Hvilken type stråling representerer område 2?

- (A) radiostråling
- (B) gammastråling
- (C) ultrafiolett stråling
- (D) røntgenstråling

PA33079A	A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	9	15	24	49	3
Sverige	14	16	26	39	5
USA	22	18	25	34	0
Russland	20	9	13	56	2
Slovenia	13	15	24	46	2
Frankrike	14	25	19	40	2
Italia	19	19	21	32	10
Int. gj.snitt	17	17	22	41	3

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *kunne*. Den tester kjennskap til hvor ulike typer stråling er plassert i det elektromagnetiske strålingsspekteret. Det er oppgitt at region 4 er synlig lys, og dersom man så vet at gammastråling, ultrafiolett stråling og røntgenstråling alle har kortere bølgelengde enn synlig lys, mens radiobølger har lengre, er alternativ A eliminert. Det som gjenstår, er da å fordele gammastråling, ultrafiolett stråling og røntgenstråling korrekt på områdene 1, 2 og 3. Her kan elevene for eksempel bruke prinsippet om at stråling blir mer gjennomtrengende jo kortere bølgelengden er. Vet de da at gammastråling er mer gjennomtrengende enn røntgenstråling, som i sin tur opplagt er mer gjennomtrengende enn ultrafiolett stråling, får de at område 1 er gammastråling, område 2 er røntgenstråling, og område 3 er ultrafiolett stråling. Altså er D det korrekte svaret.

Norge gjør det bra i forhold til de andre deltakerlandene, men likevel er det altså kun halvparten av de norske elevene som svarer korrekt. Dette temaet er i Norge mest aktuelt i Fysikk 1, men røntgen innen medisin er dekket i Fysikk 2.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 10B

Reasoning. Harmful radiation

(Skadelig stråling)

- B. Hvilket område med stråling er farligst for mennesker? Anta at eksponering for hver type stråling er av lik intensitet og varighet.

(Kryss av i én rute.)

- stråling fra område 1
 stråling fra område 7

Forklar svaret ditt ved å bruke begrepene frekvens og fotonenergi.

PA33079B	10 Rett svar	70 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	53	12	33	2
Sverige	30	6	61	4
USA	35	13	50	1
Russland	33	6	58	4
Slovenia	35	12	52	1
Frankrike	13	8	76	4
Italia	15	3	69	13
Int. gj.snitt	32	8	55	5

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *resonnere*. Poenget her er at stråling blir mer skadelig jo kortere bølgelengde den har. Grunnen er at energien E_f til et foton med frekvens f er

$$E_f = hf$$

der h er Plancks konstant. Denne formelen er oppgitt i formellista i elevheftet. I oppgaven er det presisert at begrepene frekvens og fotonenergi skal brukes i elevenes forklaring. Med «lik intensitet» menes i oppgaven samme antall fotoner. For å løse oppgaven korrekt trenger elevene å vite at fotoner med høyere energi er mer skadelige for mennesker enn de med lavere. Elevene kan for eksempel forklare at siden $E_f = hf$, er fotonenergien proporsjonal med frekvensen, og større fotonenergi gir høyere sannsynlighet for at strålingen kan skade levende vev i menneskekroppen. Siden høy frekvens svarer til kort bølgelengde, representerer område 1 høyere fotonenergi enn område 7, altså er område 1 korrekt svar. Kode 70 blir gitt til elever som krysser av for område 1 og gir en (delvis) fysisk korrekt begrunnelse, men som ikke har brukt begrepene frekvens og fotonenergi. De kan for eksempel ha skrevet at i region 1 er bølgelengden kortere, noe som gjør strålingen farligere.

Også dette er en oppgave der Norge gjør det klart best av alle deltakerlandene. Italia og Frankrike har lavest prosentandel riktige svar på oppgaven.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 11**Knowing. Nuclear reaction mass****(Masse i kjernereaksjoner)**

Kjernen til et atom fanger inn et nøytron og produserer en gammastråle. Den totale massen til atomet og nøytronet før reaksjonen er større enn den totale massen til atomet og nøytronet etter reaksjonen.

Hvilken av disse forklarer best forskjellen i masse?

- (A) Den utsendte gammastrålen har lik energi som masseforskjellen.
- (B) Elektroner ble sendt ut fra det ytterste skallet i atomet.
- (C) Nøytronet var årsaken til at atomet ble forandret til en isotop med lavere masse.
- (D) Nøytronet ble omdannet til en gammastråle.

PA33116	A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	60	10	19	8	3
Sverige	50	17	22	7	4
USA	43	23	26	7	1
Russland	51	14	26	6	3
Slovenia	59	12	18	9	2
Frankrike	33	18	34	11	4
Italia	29	18	32	7	14
Int. gj.snitt	44	17	26	8	6

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Oppgaven tester forståelse for bevaring av masse-energi, der masse og energi forbindes ved formelen

$$E = mc^2$$

der E er energien, m er massen og c er lyshastigheten. Bindingen av nøytronet til kjernen tilsvarer negativ potensiell energi. Masseforskjellen tilsvarende denne energien kompenseres av energien til gammastrålen. Det eneste av alternativene som forholder seg til dette, er A. Alternativ B kan elimineres rett og slett fordi et elektron ikke blir sendt ut. Både C og D beskriver umulige fysiske prosesser. Merk at oppgavens bruk av ordet «gammastråle» muligens er noe uheldig, siden dette dreier seg om kun et foton. Antakelig har dette ikke hatt vesentlig innflytelse på resultatene.

Oppgaven krever en viss grad av leseferdighet, blant annet siden alle de fire alternativene omhandler tekniske begreper som har å gjøre med oppgavens problemstilling. Det kreves også evne til å oversette ekvivalens av masse og energi til den konkrete fysiske situasjonen som oppgaven beskriver.

Norges resultat på oppgaven er best av alle deltakerlandene.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 12

Knowing. Wavelength of water wave

(Bølgelengde til vannbølge)

Når bølger på havet nærmer seg kysten, sakker de farten. Frekvensen til bølgene som nærmer seg kysten forandrer seg ikke. Hva skjer med bølgelengden til disse bølgene?

PA33070	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	72	20	9
Sverige	63	27	10
USA	56	40	5
Russland	60	22	18
Slovenia	76	21	4
Frankrike	56	32	12
Italia	40	23	38
Int. gj.snitt	59	25	15

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *kunne*. Oppgaven kan løses ved å tenke kvalitativt basert på likningen

$$v = \lambda f$$

som er oppgitt i formellista. Her er v hastighet, λ er bølgelengde, og f er frekvens. Siden bølgenes fart reduseres, og frekvensen er uforandret, må bølgelengden reduseres. Kodemanualen angav at denne konklusjonen («bølgelengden avtar» eller ekvivalent) var tilstrekkelig for kode 10, altså korrekt svar.

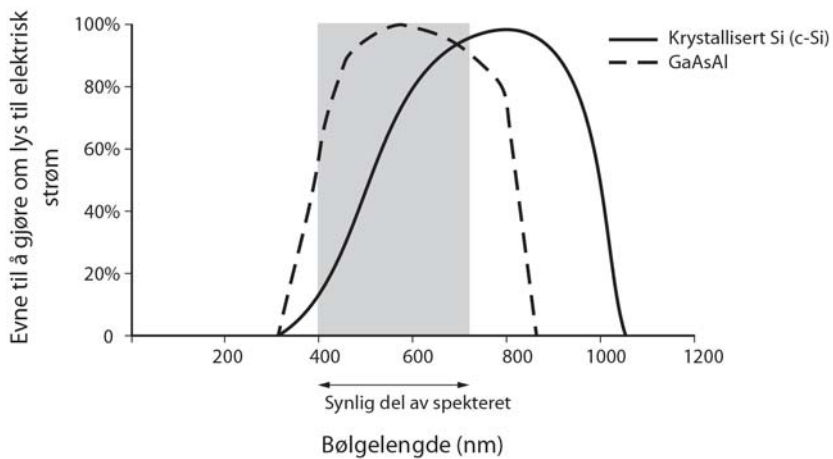
Naturligvis er fenomenet beskrevet i denne oppgaven noe elevene også kan ha observert fysisk på badestrender og liknende, og det er ikke nødvendig å tenke bølgelikning for å finne svaret.

Legg også merke til at opplysningen gitt i oppgaveteksten om at frekvensen ikke endres, kan betraktes som unødvendig. Den gjør oppgaven enklere, men den følger av et rent fysisk resonnement tilsvarende det elevene måtte gjøre på egen hånd i oppgave 8 (bølgene kan ikke hope seg opp, det kan ikke komme inn færre bølger per tidsenhet enn det gjør lenger ute).

Slovenia presterer best på denne oppgaven, etterfulgt av Norge. Resultatene er jevnt over gode med et internasjonalt snitt på 59.

Bølger og atom-/kjernefysikkoppgave 13
Applying. Semiconductor in solar panels
(Halvledere i solcellepanel)

Figuren under viser to halvlederes evne til å gjøre om lys til elektrisk strøm, som en funksjon av bølglengden til lyset. Det meste av solenergien som treffer jordas overflate ligger i den synlige delen av spekteret, som er den skyggelagte delen på figuren.



Hvilket materiale, c-Si eller GaAsAl, er det beste materialet å bruke i en halvleder i et solcellepanel?

(Kryss av i én rute.)

- c-Si
- GaAsAl

Forklar svaret ditt.

PA33011	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	50	48	2
Sverige	42	52	7
USA	51	46	3
Russland	39	55	6
Slovenia	57	43	1
Frankrike	45	51	4
Italia	28	55	17
Int. gj.snitt	44	49	7

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Dette er en oppgave der man kommer langt med generell matematisk kompetanse knyttet til tolking av grafer. Den synlige delen av det elektromagnetiske spekteret er oppgitt på figurens første akse, og det følger dermed av kurvene at halvlederen GaAsAl har størst evne til elektrisk strømproduksjon i synlig lys. Når oppgaveteksten så i tillegg eksplisitt sier at det meste av solenergien som treffer jordas overflate ligger i den synlige delen av spekteret, følger det at avkrysning for GaAsAl er korrekt.

For å få kode 10 (korrekt), avkreves elevene her en forklaring av typen gitt over, men den kan være mer stikkordmessig og kortere formulert.

Som vi ser av tabellen, klarer halvparten av de norske elevene denne oppgaven. Selv om dette resultatet ligger i toppen internasjonalt, representerer det likevel et tankekors. Man kan spekulere om det er leseferdighetene som er problemet her, eller om det er at elever gir opp når de ser en problemstilling de ikke er vant til. Som nevnt trenger man egentlig minimalt med fysikkfaglig kompetanse for å komme fram til og kunne begrunne det riktige svaret, siden alt man trenger er oppgitt i oppgaveteksten.

10.3 Avsluttende kommentarer

I denne oppsummeringen reiser vi noen utvalgte problemstillinger som det er naturlig å ta opp ut fra resultatene på oppgavene drøftet i kapitlet. Dette er med andre ord ikke en full oppsummering av resultatene på alle oppgavene i kapitlet, men et valgt perspektiv med sikte på å reise viktige diskusjoner.

10.3.1 Vektlegging av moderne fysikk

I Norge legger man i dag relativt stor vekt på det vi kan kalle moderne fysikk, som inkluderer den typen oppgaver man har på delområdet atom- og kjernefysikk i TIMSS Advanced. At vi legger vekt på dette i skolen, vises klart av det norske resultatet på oppgave 1. Den typen kunnskap elevene trenger for å løse denne oppgaven, tas opp både i Naturfag på Vg1, og i Fysikk 1 og Fysikk 2. At norske elever presterer best av alle de deltakende landene på oppgaven, understreker derfor det poenget som ble tatt opp i de avsluttende kommentarene til kapittel 8 (8.3), om viktigheten av å vedlikeholde innlært kunnskap for å sikre god læring.

Det ser ut til å være til dels store variasjoner mellom land i hvor stor grad moderne fysikk vektlegges. Land som ser ut til å vektlegge dette i relativt stor grad, er Russland, Slovenia og til dels også Norge og Sverige. Vi ser noen tydelige forskjeller mellom land for eksempel i løsning av oppgavene 5, 6 og 7, hvor Norge og Russland ligger helt på topp i prestasjoner. Også Slovenia og Sverige presterer relativt godt på oppgavene 5 og 7, noe svakere på oppgave 6. På andre oppgaver, som 9A og 10A, ser vi relativt små forskjeller mellom land. Disse oppgavene framstår derfor som sentralt stoff i alle de deltakende landene.

I oppgave 9A trenger elevene noe kvantitativ kunnskap; den kan løses nærmest som en matematikkoppgave hvor man kommer langt bare ved en riktig avlesing av grafene. Også på oppgave 13 kommer man langt med en generell kompetanse knyttet til tolking av grafer. Kunnskap om grafer er en del av matematikken som mange studier har vist at norske elever behersker relativt godt sammenliknet med andre matematiske områder, og sammenliknet med andre land. Det gjelder på både barnetrinnet og ungdomstrinnet. Det er når det kommer inn krav om å gjøre matematiske beregninger eller anvende algebra at de norske elevene sliter. Avlesing og tolking av grafer ser det ut til at de behersker godt. På oppgave 9B, som krever noen matematiske beregninger, er de norske resultatene svake, nest svakest av alle de landene som deltok

i TIMSS Advanced i 2015. Oppgaver hvor norske elever presterer godt er oppgave 10B, oppgave 11 og oppgave 12. Ingen av disse oppgavene krever nøyaktige beregninger, men en mer kvalitativ forklaring. På disse oppgavene ligger de norske resultatene på topp internasjonalt. Problematikken rundt kvalitative aspekter versus kvantitative aspekter ved oppgavene i TIMSS Advanced tas også opp og drøftes i avsluttende kommentarer i kapittel 8.

10.3.2 Lærebøkens betydning og plassering av lærestoff i disse

Betydningen av når på året elevene undervises i et tema, ser også ut til å påvirke hvor godt norske elever presterer. Vi finner oppgaver hvor de norske elevenes prestasjoner er relativt gode internasjonalt, men hvor man likevel har en klar tilbakegang fra TIMSS Advanced 1995. Det gjelder for eksempel oppgave 3. Stoffet i denne oppgaven kan vi anta at tas på slutten av Fysikk 2, basert på plasseringen av stoffet i lærebøkene. Når man diskuterer læreplanen i fysikk, er det rimelig ikke bare å forholde seg til det skrevne læreplandokumentet, men også til de lærebøkene elevene har. Forskning har pekt på at det er rimelig å inkludere både skrevne læreplaner og lærebøker i det vi kan kalle den intenderte læreplanen, se kapittel 4 for mer om dette. Når det gjelder oppgaver som kommer sent i lærebøkene, er det i Norge også relevant å nevne problemet med at den siste tiden i videregående opplæring i norsk skole forstyrres av russetiden.

Hjemmebakgrunn og undervisningsfaktorer relatert til elevprestasjoner i fysikk

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Som omtalt i kapittel 13 hadde TIMSS Advanced 2015 tre spørreskjemaer som ble brukt til datainnhenting i tillegg til heftene med fysikkoppgaver: et *skole-spørreskjema* til rektor/skoleleder, et *lærerspørreskjema* og et *elevspørreskjema*. Vi tar i dette kapitlet for oss noen av bakgrunnsvariablene som undersøkes i disse spørreskjemaene. En del av det vi tar opp, kan også finnes i rapporten fra TIMSS Advanced 2015 (Grønmo et al., 2016). Vi sammenfatter noen resultater derfra og diskuterer dem i lys av nye analyser i dette kapitlet og de øvrige kapitlene i denne boka.

Noen av bakgrunnsvariablene som ble undersøkt i forrige gjennomføring av TIMSS Advanced i 2008, er det dessverre ikke mulig å analysere for TIMSS Advanced 2015. Grunnen er at de aktuelle spørsmålene er tatt ut av spørreskjemaene. Blant annet gjelder dette fagdidaktisk vinklede spørsmål om arbeidsmåter i undervisningen, der man fant interessante og samsvarende resultater i fysikk og matematikk (Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010a; Lie, Angell & Rohatgi, 2010). Sammenliknet med tidligere gjennomføringer av TIMSS Advanced er spørreskjemaene for TIMSS Advanced 2015 dreid mer i retning av generelle pedagogiske problemstillinger, for eksempel ved vektlegging av konstruktører som kan måle undervisningskvalitet på tvers av flere fag. Dette gjelder både fysikk og matematikk. Det er både fordeler og ulemper med en slik dreining av fokus, men for våre formål i denne boka må det sies å være noe uheldig. Likevel gir spørreskjemaene, som vi viser eksempler på her, mye interessant informasjon også fra et fagdidaktisk synspunkt.

11.1 Sosioøkonomisk bakgrunn har stor betydning for prestasjoner

Elevenes sosiokulturelle/sosioøkonomiske bakgrunn (forkortet SES, fra engelsk) har i tallrike studier vist seg å ha betydning for deres prestasjoner på skolen (Martin, Mullis, Foy & Stanco, 2012; Mullis, Martin, Foy & Arora, 2012; Sirin, 2005; White, 1982). I internasjonale undersøkelser som TIMSS Advanced er det vanlig at man finner en signifikant sammenheng mellom prestasjoner og konstrukter som måler ulike aspekter ved SES. Selv om vårt siktemål i denne boka primært er å se på faktorer som er direkte påvirkbare skolepolitisk, er SES klart relevant for det vi diskuterer. Elevspørreskjemaet til TIMSS Advanced inneholdt flere spørsmål om familiens kulturelle ressurser. Konstruktet *Hjemmeressurser* er basert på noen slike spørsmål som man antar at har betydning for elevenes læring. Tekstboks 11.1 gjengir disse spørsmålene. Informasjonen er hentet fra elevspørreskjemaet i fysikk.

Tekstboks 11.1 *Spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruktet Hjemmeressurser er basert på.*

4. Omtrent hvor mange bøker er det hjemme hos deg? (Ikke tell med blader, aviser eller skolebøker.)
6. Har du noen av disse tingene?
 - f) skrivepult/bord du kan bruke
 - g) ditt eget rom
- 7A. Hva er den høyeste utdanningen moren din (kvinnelig foresatt) har fullført?
- 7B. Hva er den høyeste utdanningen faren din (mannlig foresatt) har fullført?
8. Fra hvilken type jobb har din far (mannlig foresatt) og din mor (kvinnelig foresatt) sin hovedinntekt?

Basert på elevenes svar ble hver elev plassert i en av de tre kategoriene «Mange ressurser», «Noen ressurser» eller «Ingen ressurser». Resultater for konstruktet *Hjemmeressurser* i TIMSS Advanced 2015 fysikk er gjengitt i tabell 11.1 og figur 11.1.

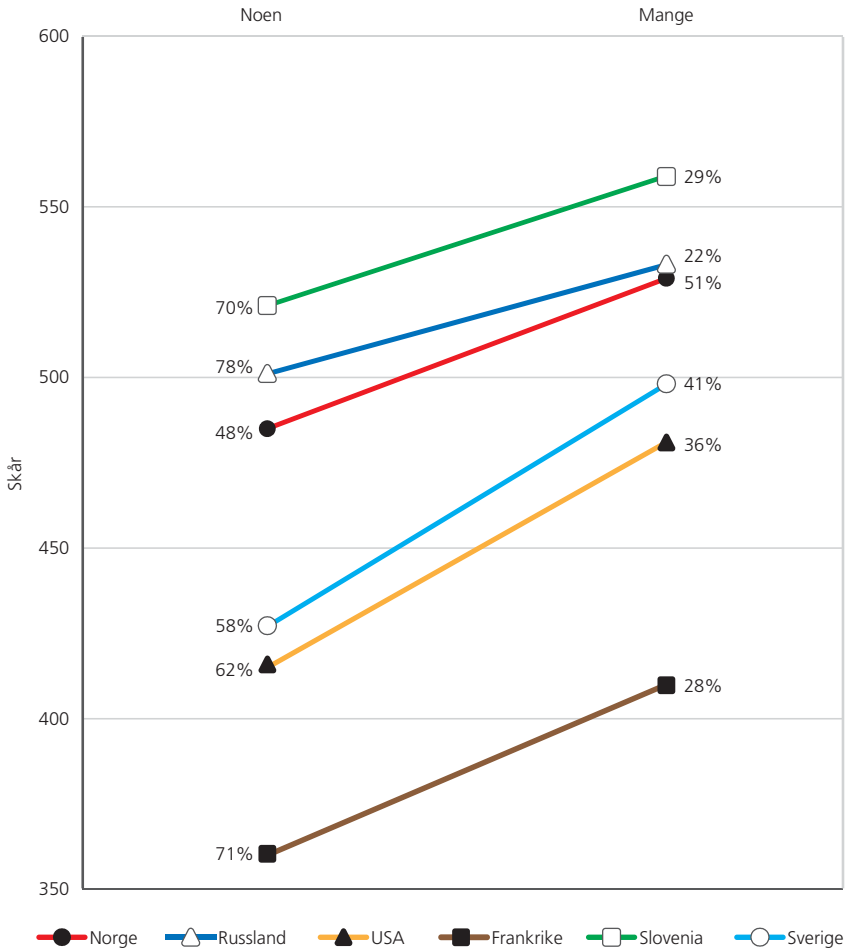
Tabell 11.1 Prosentandel fysikkelever med *mange, noen* og *ingen* hjemmeressurser og tilhørende fysikkskår, TIMSS Advanced 2015 (standardfeil i parentes).

Land	Mange ressurser		Noen ressurser		Ingen ressurser	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Norge	51 (1,4)	529 (4,5)	48 (1,4)	485 (5,1)	0 (0,1)	--
Sverige	41 (1,1)	498 (6,0)	58 (1,1)	427 (5,9)	1 (0,2)	--
USA	36 (3,0)	481 (9,7)	62 (2,7)	415 (9,9)	2 (0,5)	--
Slovenia	29 (1,8)	559 (7,9)	70 (1,9)	521 (3,6)	0 (0,2)	--
Frankrike	28 (1,0)	410 (4,9)	71 (1,0)	360 (4,1)	1 (0,2)	--
Portugal	26 (1,9)	500 (5,5)	70 (1,9)	457 (5,0)	3 (0,6)	410 (16,7)
Russland	22 (1,4)	533 (7,6)	78 (1,4)	501 (7,7)	0 (0,1)	--
Italia	20 (1,1)	397 (9,7)	78 (1,2)	369 (7,4)	2 (0,3)	--
Libanon	8 (1,2)	434 (21,2)	84 (1,1)	412 (5,2)	8 (0,7)	370 (9,9)
Internasjonalt snitt	29 (0,6)	482 (3,3)	69 (0,5)	439 (2,1)	2 (0,1)	390 (9,7)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Tabell 11.1 og figur 11.1 viser en relativt sterk sammenheng mellom *Hjemmeressurser* og prestasjoner. Det er viktig å merke seg at konstruktet *Hjemmeressurser* primært måler kulturelle og utdanningsmessige ressurser, ikke økonomiske ressurser. Norske elever ligger helt i toppen når det gjelder å ha slike ressurser, sammenliknet med de andre deltakerlandene. Man kan spørre seg om dette skyldes at elevgruppen som tar fysikk fordypning i Norge, er skjevt rekruttert med hensyn til denne bakgrunnsvariabelen (jf. kapittel 7 i Grønmo et al., 2010a). Dette er et utdanningspolitisk interessant spørsmål, siden man i Norge ønsker like *reelle* muligheter til utdanning for alle barn. Dette spørsmålet blir også tatt opp i en artikkel av Grønmo & Hole (in press). Der konkluderes det med at de norske elevene som deltok i TIMSS Advanced 2015, og som altså tok et realfaglig spesialistkurs til topps i videregående skole, gjennomsnittlig hadde en høyere SES-verdi enn elevene som deltok i TIMSS for ungdomstrinnet i 2015. Forskjellen i SES-verdi er også større sammenliknet med tilsvarende tall for andre land, noe som indikerer at man i Norge kanskje ikke er så gode til å unngå sosial reproduksjon som det kan gis inntrykk av.

Figur 11.1 Prosentandel fysikkelever med *mange* og *noen* hjemmeressurser og tilhørende fysikkskår, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

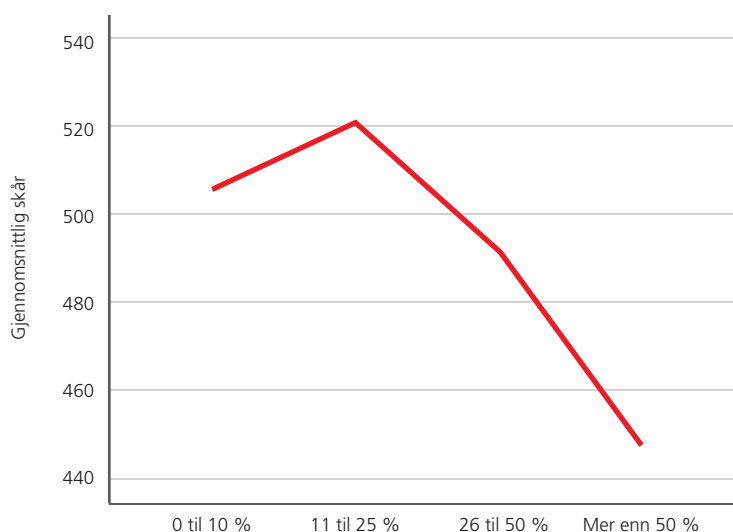


Skolespørreskjemaet benyttet i TIMSS Advanced 2015 inneholdt også et SES-relatert spørsmål (spørsmål 3). Her ble det spurt etter et (subjektivt) *anslag* på hvor stor prosentandel av elevene ved den aktuelle skolen som kom a) fra økonomisk vanskeligstilte hjem, og b) fra økonomisk velstående hjem. Norske resultater fra spørsmål a) er vist i tabell 11.2.

Vi ser i tabell 11.2 at noen av forskjellene i gjennomsnittlig skår ikke er signifikante (fordi standardfeilene gir overlappende intervaller). Resultatet for «Mer enn 50%» har ingen meningsfull standardfeil, fordi antallet elever i denne gruppen er for lavt. Tallet for gjennomsnittlig skår må her kun sees på som en indikasjon. Resultatene fra tabell 11.2 er illustrert i figur 11.2.

Tabell 11.2 Gjennomsnittlig skår for fysikkelever fra skoler der ulike prosentandeler av elevene anslås å komme fra økonomisk vanskeligstilte hjem, Norge, TIMSS Advanced 2015.

Anslått prosentandel elever ved skolen fra økonomisk vanskeligstilte hjem	Prosentandel av elever som er fra skoler med dette anslaget	Gjennomsnittlig skår for elever fra skoler med dette anslaget
0 til 10 %	82,2	505,7 (5,6)
11 til 25 %	13,2	520,5 (9,2)
26 til 50 %	3,8	491,7 (24,3)
Mer enn 50 %	0,8	447,6 (ikke målbart)

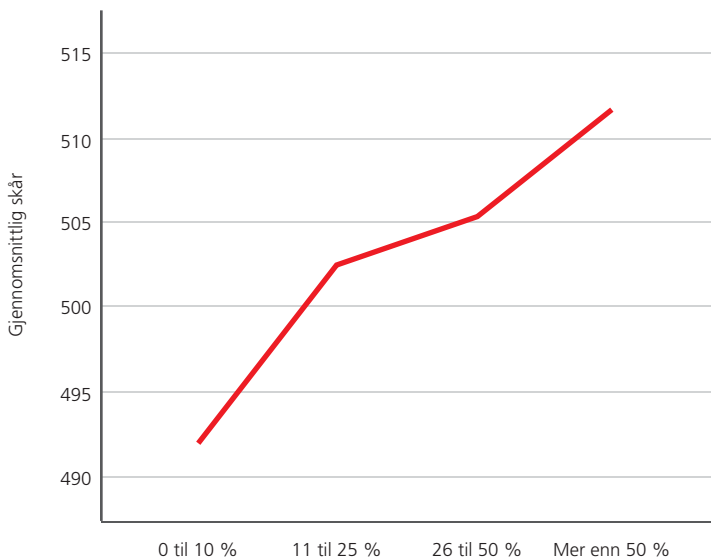
Figur 11.2 Gjennomsnittlig skår for fysikkelever fra skoler der ulike prosentandeler av elevene anslås å komme fra økonomisk vanskeligstilte hjem, Norge, TIMSS Advanced 2015.

Resultater fra det tilsvarende spørsmålet om anslått prosentandel elever ved skolen som kommer fra økonomisk velstående hjem, er vist i tabell 11.3.

Tabell 11.3 Gjennomsnittlig skår for fysikkelever fra skoler der ulike prosentandeler av elevene anslås å komme fra økonomisk velstående hjem, Norge, TIMSS Advanced 2015.

Anslått prosentandel elever ved skolen fra økonomisk velstående hjem	Prosentandel av elever som er fra skoler med dette anslaget	Gjennomsnittlig skår for elever fra skoler med dette anslaget
0 til 10 %	11,1	492,1 (13,2)
11 til 25 %	15,6	502,4 (8,8)
26 til 50 %	20,4	505,6 (12,0)
Mer enn 50 %	52,9	511,5 (6,5)

Figur 11.3 Gjennomsnittlig skår for fysikkelever fra skoler der ulike prosentandeler av elevene anslås å komme fra økonomisk velstående hjem, Norge, TIMSS Advanced 2015.

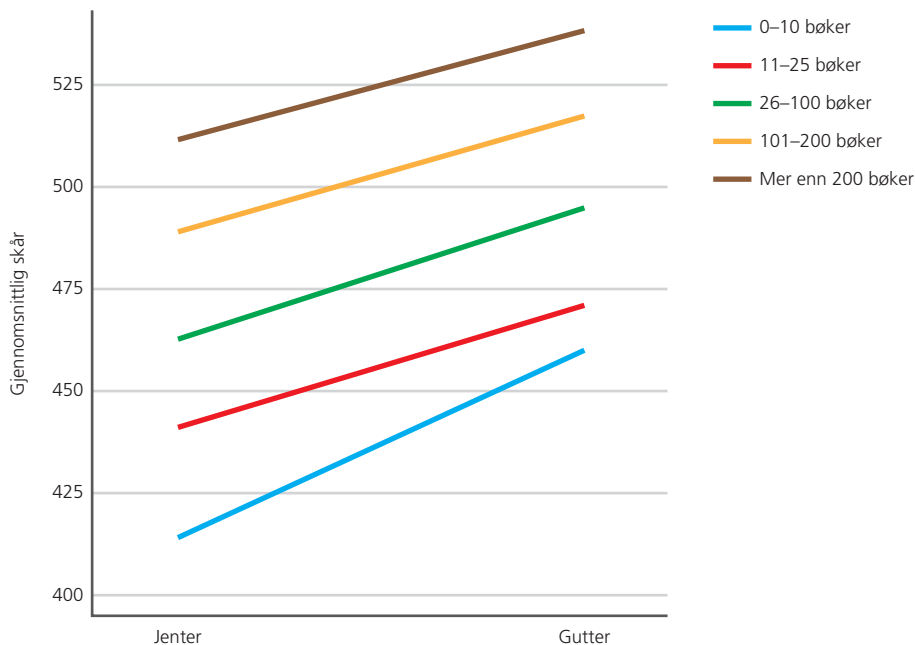


Resultatene fra tabell 11.3 er illustrert i figur 11.3. Vi ser en tendens til at elever ved skoler der en høyere prosentdel er fra økonomisk velstående hjem, gjennomsnittlig skårer høyere enn elever fra skoler med en lavere prosentandel fra velstående hjem. Imidlertid er intervallene definert av standardfeilene i tabell 11.3 overlappende, så forskjellene er ikke signifikante. Derfor må dette sees på kun som indikasjoner.

Vi har også sett på om det finnes noen målbare forskjeller mellom jenter og gutter når det gjelder betydningen av SES på prestasjonene målt i TIMSS Advanced fysikk 2015. Figur 11.4 viser den empirisk målte relasjonen mellom bakgrunnsvariabelen *antall bøker hjemme* og prestasjoner i fysikk for jenter og gutter separat. Bakgrunnsvariabelen *antall bøker hjemme* er basert på spørsmål 4 i elevspørreskjemaet (se tekstboks 11.1).

Fra figur 11.4 ser vi at det ikke er målt noen vesentlig forskjell mellom jenter og gutter når det gjelder påvirkning av variabelen *antall bøker hjemme* på prestasjoner i fysikk. Forskjellen er ikke signifikant. Antall bøker har vist seg å være en god indikator på de intellektuelle ressursene hjemmet har, også i den senere tid hvor mye digitaliseres. Vi trekker derfor konklusjonen at vi ikke finner noen forskjeller mellom jenter og gutter når de gjelder betydning av intellektuell hjemmebakgrunn målt i antall bøker i hjemmet for prestasjoner i fysikk.

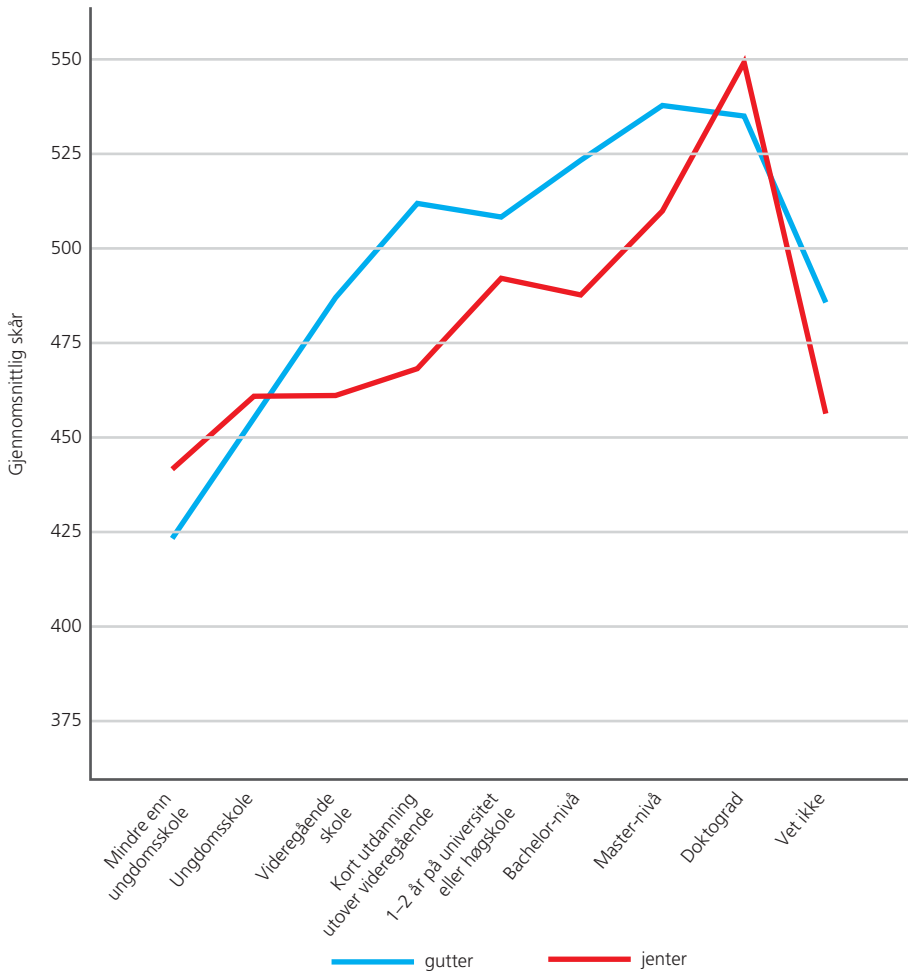
Figur 11.4 Antall bøker hjemme versus prestasjoner for fysikkelever i Norge, fordelt på jenter og gutter.

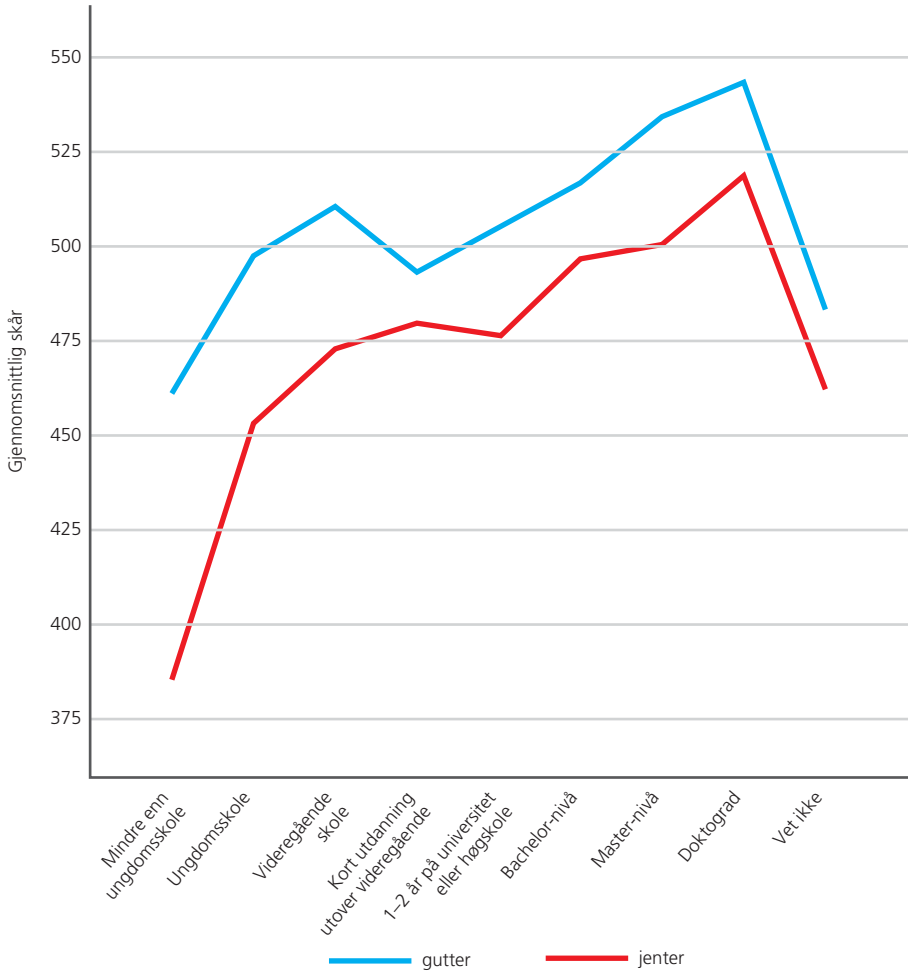


Figur 11.5 viser på tilsvarende måte empirisk målt sammenheng mellom mors (kvinnelig foresatts) utdanning og fysikkskår i TIMSS Advanced 2015. Vi ser at mors utdanning har nokså lik sammenheng med prestasjoner for gutter og for jenter. Forskjellene er ikke signifikante. Figur 11.6 viser på tilsvarende måte fars utdanning versus prestasjoner fordelt på kjønn. Her er det ingen vesentlige forskjeller å se mellom jenter og gutter.

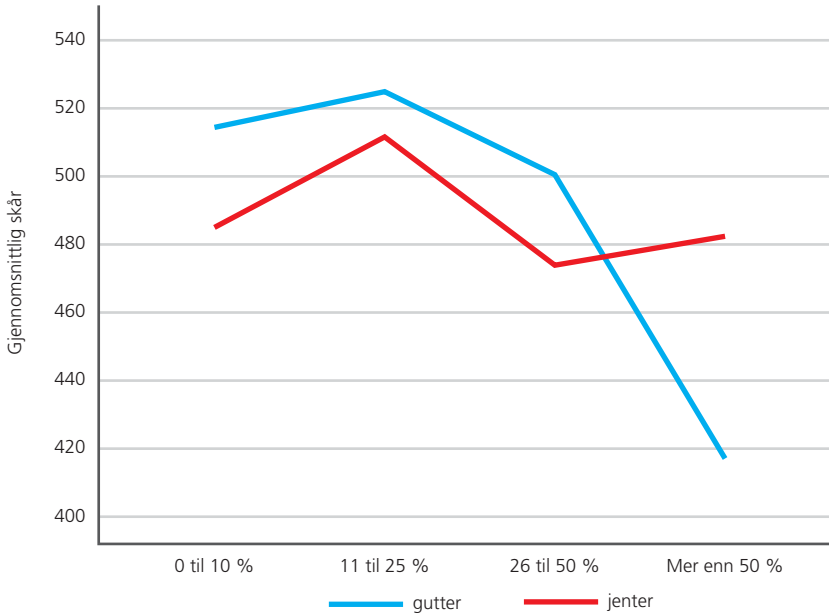
Tabellene 11.2 og 11.3 viser resultater fra skole spørreskjemaets spørsmål om et (subjektivt) *anslag* på hvor stor prosentandel av elevene ved den aktuelle skolen som kom a) fra økonomisk vanskeligstilte hjem, og b) fra økonomisk velstående hjem. Resultatene fra dette fordelt på kjønn, og tilsvarende gjennomsnittlige prestasjoner i fysikk, er vist i figurene 11.7 og 11.8.

Figur 11.5 Mors utdanning versus prestasjoner for fysikkelever i Norge, jenter og gutter.

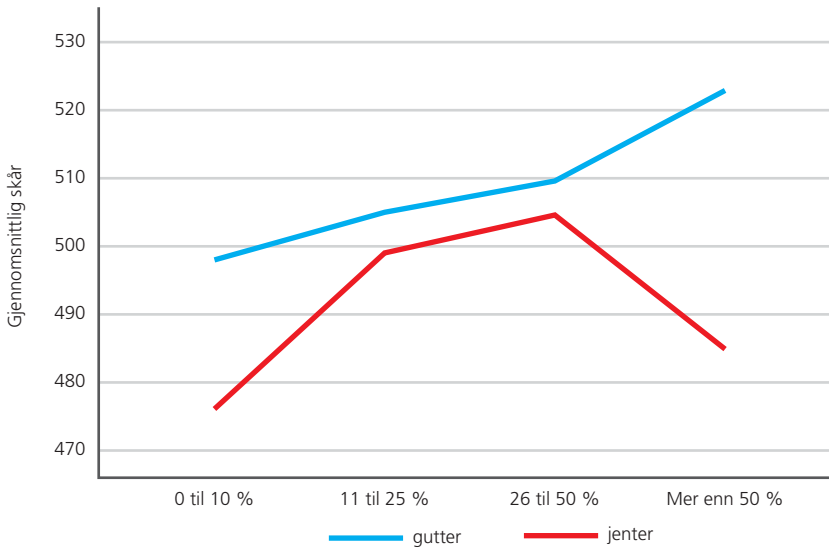


Figur 11.6 Fars utdanning versus prestasjoner for fysikkelever i Norge, jenter og gutter.

Figur 11.7 Gjennomsnittlig fysikkskår for jenter og gutter fra skoler der ulike prosentandeler av elevene anslås å komme fra økonomisk vanskeligstilte hjem, Norge, TIMSS Advanced 2015.



Figur 11.8 Gjennomsnittlig fysikkskår for jenter og gutter fra skoler der ulike prosentandeler av elevene anslås å komme fra økonomisk velstående hjem, Norge, TIMSS Advanced 2015.



I figurene 11.7 og 11.8, som altså baserer seg på skolespørreskjemaet, ser vi en klarere tendens til kjønnsforskjeller enn vi fant i de liknende SES-relaterede spørsmålene fra elevspørreskjemaet omtalt tidligere. Her indikeres det at gutters prestasjoner ser ut til å være mer påvirket av SES enn jentenes, når SES måles slik som dette. Forskjellen i det ekstreme tilfellet lengst til høyre i figur 11.8 (mer enn 50 % av elevene ved skolen fra velstående hjem) er statistisk signifikant. Vi ser et tilsvarende sprik i tilfellet lengst til høyre i figur 11.7 (mer enn 50 % av elevene fra vanskeligstilte hjem), men her er antall elever for lavt til at vi kan snakke om signifikans eller noen form for generaliserbarhet. Likevel viser figurene 11.7 og 11.8 alt i alt at våre data gir en *indikasjon* på at guttenes prestasjoner kan være mer påvirket av SES enn jentenes når SES måles på denne «kollektive» måten. Mens SES-spørsmålene i elevspørreskjemaet omhandler elevens oppfatning av sin egen hjemmebakgrunn, vil spørsmålene i skolespørreskjemaet, slik de er formulert, være mer følsomme for de sosiale aspektene ved skolehverdagen, altså det «kollektive», og den lokale kulturen i området der skolen ligger.

Funnene våre kan altså tyde på at gutters prestasjoner påvirkes noe sterkere av miljømessige sider av SES enn jentenes gjør, men det må presiseres at dette kun må sees på som en indikasjon. Spørsmålene som reises, er imidlertid så vidt interessante at vi ser behovet for mer forskning på området.

11.2 Mye betalt arbeid utenfor skolen er et problem i Norge

Tabell 11.4 viser elevenes svar på spørsmål om i hvilken grad de har betalt arbeid. To land, Norge og USA, skiller seg ut her. Disse to landene markerer seg med å ha den høyeste andelen elever som har betalt arbeid mer enn 10 timer i uka, henholdsvis 15 % og 21 %. Både Norge og USA har også en klart lavere prosentandel som angir at de *ikke* har noe betalt arbeid, henholdsvis 52 % og 67 %, enn de andre landene i studien. I de andre landene er det bare fra 0 % til 5 % av elevene som bruker mer enn 10 timer i uka på betalt arbeid. Dette samsvarer helt med tilsvarende resultater i matematikk, se Bergem, Grønmo & Olsen (2005).

Tabell 11.4 Prosentandel fysikkelever fordelt etter antall timer arbeid per uke utenom skolen og tilhørende fysikkskår, TIMSS Advanced 2015.

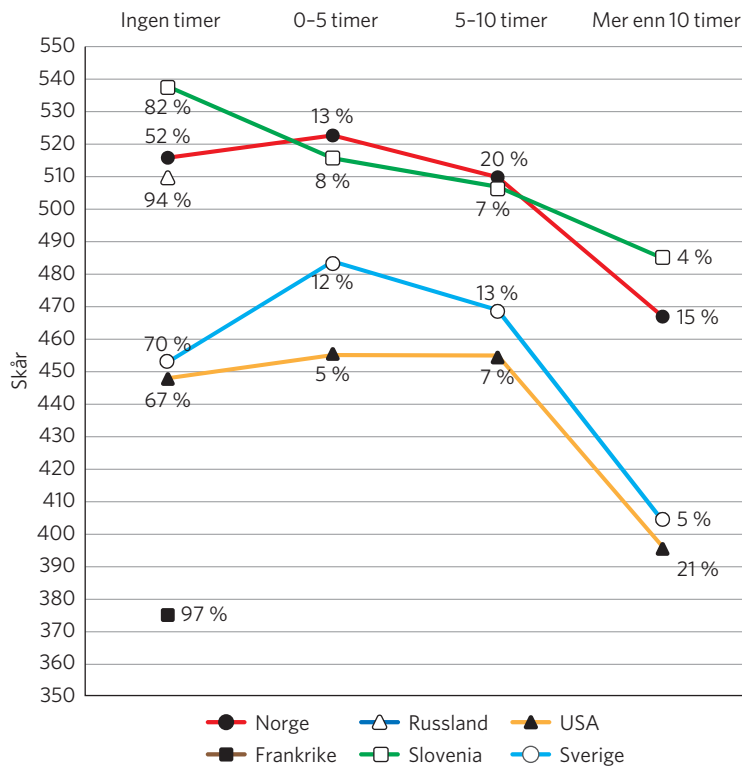
Land	Tid brukt på betalt jobb utenom skolen per uke							
	Ingen tid		Mindre enn 5 timer		5 til 10 timer		Mer enn 10 timer	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	97 (0,3)	375 (3,9)	2 (0,2)	--	1 (0,2)	--	0 (0,1)	--
Italia	92 (0,5)	377 (6,9)	3 (0,3)	376 (21,1)	3 (0,4)	340 (17,1)	2 (0,3)	--
Libanon	93 (0,9)	414 (4,6)	2 (0,5)	--	2 (0,5)	--	2 (0,4)	--
Norge	52 (1,6)	516 (4,6)	13 (0,7)	521 (7,8)	20 (1,1)	510 (6,7)	15 (0,9)	467 (8,3)
Portugal	95 (0,5)	468 (4,6)	1 (0,3)	--	2 (0,4)	--	2 (0,3)	--
Russland	94 (0,4)	510 (7,1)	2 (0,2)	--	2 (0,2)	--	2 (0,3)	--
Slovenia	82 (1,3)	538 (3,0)	8 (0,7)	518 (14,0)	7 (0,8)	507 (13,0)	4 (0,6)	485 (15,4)
Sverige	70 (1,3)	452 (5,6)	12 (0,8)	483 (9,1)	13 (0,8)	469 (7,8)	5 (0,5)	404 (13,8)
USA	67 (1,7)	448 (10,2)	5 (0,6)	456 (17,9)	7 (0,6)	455 (12,7)	21 (1,6)	396 (10,6)
Internasjonalt snitt	82 (0,4)	455 (2,0)	5 (0,2)	471 (6,6)	6 (0,2)	456 (5,4)	6 (0,2)	438 (6,2)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Figur 11.9 viser på tilsvarende måte som tabell 11.4 forskjeller i gjennomsnittlige prestasjoner mellom fysikkelever som ikke har betalt arbeid, og elever som har ulike mengder med betalt arbeid. I Norge og Slovenia er tendensen at jo mer elevene jobber utenom skolen, jo svakere er deres prestasjoner. I de andre landene er bildet noe mer sammensatt. I Frankrike og Russland er det henholdsvis 97 % og 94 % som ikke har noen jobb ved siden av. Resten av elevene er da så få at vi ikke har data til å si noe om sammenheng mellom prestasjoner og arbeid utenom skolen i disse landene. Men i resten av landene er det en klar tendens til at de som jobber mye utenom skolen, 10 timer eller mer, presterer langt svakere enn elever som jobber mindre.

Det er viktig å poengtere at tallene i tabell 11.4 og figur 11.9 skal tolkes som netto arbeidstid. Som det ble kommentert i Grønmo et al. (2016), tegner disse resultatene et bekymringsfullt bilde i Norges tilfelle. Elevene i Norge, som er et ressurssterkt land med høy gjennomsnittlig levestandard, jobber mye utenfor skolen. Mengden arbeid påvirker deres prestasjoner negativt. I tabell 11.4 er det blant annet slående at Norge internasjonalt er landet med den *desidert laveste prosentandelen studenter som ikke har arbeid* utenom skolen. Norge har altså den desidert laveste prosenten «heltidselever». Landene som ligger nærmest oss når det gjelder dette, er også rike land: USA og Sverige. Kan dette

Figur 11.9 Sammenheng mellom arbeid utenom skolen og prestasjoner i fysikk, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.



ha noe å gjøre med generelle holdninger i rike land, holdninger som avspeiler en materialistisk kultur? En annen faktor som også kan spille inn, er elevenes muligheter til å få jobb. De spørsmålene vi reiser her, er noe man kanskje trenger å se nærmere på. Det kan også være interessant å knytte resultatene her opp mot at Norge har en lavere prosent som velger fysikk i videregående skole. Det kan være grunn til å spørre om disse resultatene er et tegn på at det å prioritere hard jobbing i skolen ikke lenger anses som så viktig i Norge, i alle fall når det gjelder harde realfag som fysikk og matematikk.

Våre funn viser at en bekymringsfullt høy prosentandel av norske fysikkelever jobber mye utenfor skolen, og at dette påvirker deres prestasjoner negativt.

11.3 Fysikklærernes bakgrunn: Positive og negative trekk

Lærerspørreskjemaene benyttet i TIMSS Advanced 2015 inneholdt spørsmål om hvilken utdanningsbakgrunn lærerne hadde. Utdanningsnivået til fysikklærerne i de ulike landene er vist i tabell 11.5.

Tabell 11.5 Prosentandel fysikkelever som har lærere med ulike utdanningsnivåer, og gjennomsnittlig skår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Mastergrad eller høyere		Bachelor		Ikke bachelor	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	81 (2,5)	375 (4,4)	19 (2,5)	377 (8,3)	0 (0,3)	--
Italia	14 (2,3)	362 (17,4)	86 (2,3)	384 (7,7)	0 (0,0)	--
Libanon	71 (2,9)	406 (4,9)	22 (2,3)	423 (7,3)	7 (1,7)	405 (22,5)
Norge	86 (2,8)	506 (4,8)	14 (2,8)	496 (12,7)	0 (0,0)	--
Portugal	27 (4,5)	466 (9,0)	72 (4,6)	467 (5,4)	1 (0,8)	--
Russland	79 (3,5)	510 (8,0)	21 (3,5)	495 (12,8)	0 (0,0)	--
Slovenia	100 (0,0)	531 (2,5)	0 (0,0)	--	0 (0,0)	--
Sverige	73 (4,5)	459 (7,3)	25 (4,5)	456 (11,1)	2 (1,0)	--
USA	77 (6,0)	447 (7,7)	23 (6,0)	423 (34,4)	0 (0,0)	--
Internasjonalt snitt	67 (1,2)	451 (2,8)	31 (1,2)	440 (5,4)	1 (0,2)	405 (22,5)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Vi ser fra tabell 11.5 at de aller fleste norske fysikklærere i Vg3 har mastergrad. Tabell 11.6 viser hva slags typer mastergrader fysikklærerne har.

I tabell 11.6 ser vi at Norge skiller seg klart ut. Andelen lærere som har master i «fysikk og fysikkdidaktikk» er kun 10 % for Norge, mens det internasjonale gjennomsnittet er 41 %. De aller fleste norske lærerne i både matematikk og fysikk har en ren fagmaster, ikke en fagdidaktisk master. Det henger sammen med det norske utdanningssystemet, hvor fagdidaktiske mastere er av relativt ny dato. Det vanligste for lærere i videregående skole, som i all hovedsak er utdannet på universiteter, er at de har en fagutdanning i bunnen som de bygger på med didaktiske eller pedagogiske emner relatert til det eller de fagene

Tabell 11.6 Prosentandel fysikkelever som har lærere med ulike typer mastergrader, og gjennomsnittlig skår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Mastergrad i fysikk og fysikkdidaktikk		Mastergrad i fysikk, men ikke i fysikkdidaktikk		Mastergrad i fysikkdidaktikk, men ikke i fysikk		Andre typer mastergrader	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	25 (2,8)	371 (7,2)	71 (2,8)	376 (4,6)	0 (0,0)	~ ~	4 (1,2)	385 (7,5)
Italia	38 (2,9)	369 (12,4)	37 (3,0)	393 (9,2)	1 (0,5)	~ ~	24 (3,3)	379 (14,6)
Libanon	51 (4,8)	406 (7,2)	48 (4,8)	419 (8,0)	1 (0,4)	~ ~	0 (0,0)	~ ~
Norge	10 (2,9)	513 (11,6)	88 (3,3)	506 (5,1)	1 (0,6)	~ ~	2 (1,0)	~ ~
Portugal	42 (4,5)	470 (7,1)	55 (4,4)	466 (6,4)	0 (0,0)	~ ~	2 (1,2)	~ ~
Russland	64 (3,7)	513 (9,3)	34 (3,9)	498 (9,1)	1 (0,7)	~ ~	1 (0,6)	~ ~
Slovenia	41 (3,1)	531 (4,2)	44 (3,3)	526 (4,8)	14 (3,9)	541 (9,0)	1 (0,0)	~ ~
Sverige	71 (4,3)	463 (7,9)	21 (3,8)	446 (12,9)	6 (1,8)	456 (20,5)	2 (1,0)	~ ~
USA	24 (4,1)	444 (14,7)	31 (4,7)	429 (22,4)	6 (2,1)	457 (18,8)	39 (5,1)	448 (16,3)
Internasjonalt snitt	41 (1,2)	453 (3,2)	48 (1,3)	451 (3,5)	3 (0,5)	485 (9,7)	8 (0,7)	404 (7,7)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study –TIMSS Advanced 2015

de har studert. Her bør det imidlertid bemerkes at det i Norge har skjedd en utvikling i selve fagutdanningen. Den faglige bakgrunnen i en mastergrad kan ikke påstås å være på nivå med hovedfag, som mastergraden har erstattet. Sammenliknet med graden cand.real., som var en vanlig bakgrunn blant fysikklærere i Norge tidligere, er fagbakgrunnen gitt av en mastergrad i fysikk vesentlig svakere.

Tabell 11.7 viser fysikklærernes alder, kjønn og yrkeserfaring i ulike land. Vi ser at aldersfordelingen på norske fysikklærere ikke utmerker seg i forhold til andre land i studien. Det samme kan sies om tallene for yrkeserfaring. Norge utmerker seg imidlertid med å ha en lav andel kvinnelige fysikklærere. Kun 24 % av lærerne er kvinner; det er bare i Libanon at andelen er lavere (20 %). Dette er det interessant å drøfte i forhold til at bare 29 % av den norske fysikkpopulasjonen i TIMSS Advanced 2015 er jenter (Grønmo et al., 2016, s. 59). I Libanon er jenteandelen blant elevene klart høyere enn den norske (37 %). Ser man på tallene for kjønnsfordeling blant elever og lærere under ett, er det ikke urimelig å konkludere med at blant alle landene som deltok i TIMSS Advanced 2015, er Norge det landet der fysikk i størst grad framstår som et «guttefag». Også i Sverige er det en relativt lav andel fysikklærere som er kvinner (27 %). Det reiser spørsmål relatert til det som i mange tidligere rapporter og artikler har blitt kalt en nordisk profil, noe som synes å

Tabell 11.7 Prosentandel fysikkelever fordelt etter alder og kjønn på lærere, samt gjennomsnittlig lærererfaring, TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosent elever etter kategori lærere							Gjennomsnittlig antall års erfaring som lærer	
	Kjønn		Alder					Som lærer totalt	Som lærer i avansert fysikk
	Kvinne	Mann	29 år eller yngre	30–39 år	40–49 år	50–59 år	60 år eller eldre		
Frankrike	38 (3,3)	62 (3,3)	2 (1,0)	24 (3,4)	49 (2,9)	20 (2,6)	4 (1,2)	20 (0,6)	11 (0,5)
Italia	57 (3,1)	43 (3,1)	2 (0,7)	4 (1,3)	33 (3,5)	46 (3,3)	15 (2,8)	23 (0,6)	14 (0,6)
Libanon	20 (2,8)	80 (2,8)	3 (0,6)	27 (3,7)	28 (3,6)	18 (2,4)	24 (4,2)	24 (1,0)	20 (0,7)
Norge	24 (4,1)	76 (4,1)	7 (1,9)	21 (3,1)	29 (4,4)	21 (3,4)	22 (3,3)	18 (0,8)	14 (0,8)
Portugal	56 (4,8)	44 (4,8)	0 (0,0)	12 (2,5)	43 (4,3)	39 (4,4)	7 (2,1)	24 (0,8)	9 (0,6)
Russland	77 (3,0)	23 (3,0)	3 (1,4)	13 (2,1)	25 (3,8)	42 (3,6)	18 (3,0)	26 (0,8)	11 (0,6)
Slovenia	31 (3,3)	69 (3,3)	1 (0,0)	22 (2,6)	31 (3,0)	37 (3,7)	8 (0,8)	21 (0,7)	15 (0,6)
Sverige	27 (4,8)	73 (4,8)	7 (1,7)	23 (3,9)	28 (3,9)	28 (4,7)	14 (2,0)	16 (0,8)	12 (0,7)
USA	31 (5,7)	69 (5,7)	19 (4,7)	21 (3,5)	30 (4,1)	21 (5,3)	9 (3,4)	14 (1,1)	8 (0,8)
Internasjonalt snitt	40 (1,3)	60 (1,3)	5 (0,6)	19 (1,0)	33 (1,3)	30 (1,3)	13 (0,9)	21 (0,3)	13 (0,2)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study–TIMSS Advanced 2015

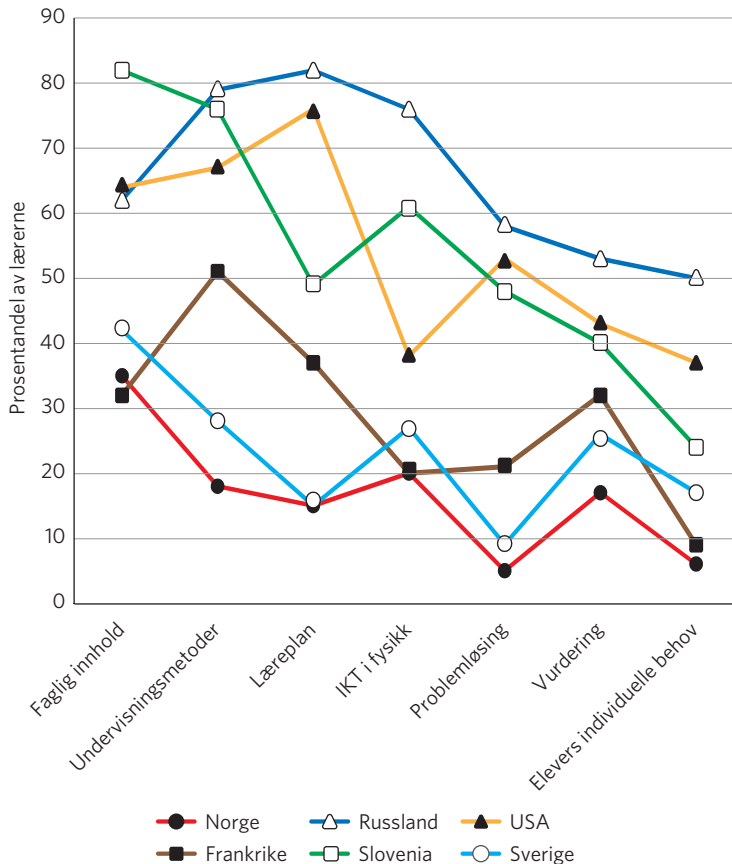
gjennomsyre skolen på alle nivåer: mindre vekt på de såkalt harde realfagene som fysikk og matematikk (Grønmo, Kjærnsli & Lie, 2004a; Hole, Grønmo & Onstad, 2018). I kapittel 12 drøftes dette som en utfordring Norge må ta tak i.

Lærerspørreskjemaene inneholdt også spørsmål om lærernes deltakelse i *profesjonell kompetanseutvikling*, altså etter- og videreutdanning. Tabell 11.8 viser disse resultatene, som også er illustrert i figur 11.10. Tallene angir hvor stor prosentandel av lærerne i hvert land som hadde deltatt i etter- eller videreutdanning innenfor hvert av de oppgitte temaområdene i løpet av de to foregående årene.

Tabell 11.8 Profesjonell kompetanseutvikling hos fysikklærere, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Faglig innhold	62	64	32	82	42	35
Undervisningsmetoder	79	67	51	76	28	18
Læreplan	82	76	37	49	15	15
IKT i fysikk	76	38	20	61	27	20
Problemløsning	58	53	21	48	9	5
Vurdering	53	43	32	40	26	17
Elevens individuelle behov	50	37	9	24	17	6

Figur 11.10 Profesjonell kompetanseutvikling hos fysikklærere, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.



Vi ser at norske fysikklærere ligger svært lavt sammenliknet med andre land når det gjelder faglig kompetanseutvikling. Dette er et interessant funn sett i relasjon til den norske diskusjonen om lærerutdanning og lærerkompetanse i realfagene. Det er også interessant med utgangspunkt i at det er gitt en del midler til etter- og videreutdanning i Norge i den senere tid. Det ser ikke ut til at det var mye av dette som hadde kommet lærere i fysikk i videregående skole til gode per våren 2015. Dette samsvarer også med tilsvarende funn for grunnskolen i Norge. Björnsson & Olsen (2018) konkluderer med at et lite flatterende trekk er manglende volum og manglende systematikk i etter- og videreutdanning. De peker også på at problemet er størst når det gjelder kurs med vekt på faglig innhold, og at problemet med lite faglig relevant etterutdanning har økt fra 2007 til 2015.

Våre funn viser at norske fysikklærere ikke har svakere grunnutdanning enn lærere fra andre land i studien. Utfordringen i Norge er at lærerne i liten grad har deltatt i etter- og videreutdanning. Særlig er problemet stort når det gjelder tilbud med et fysikkfaglig innhold.

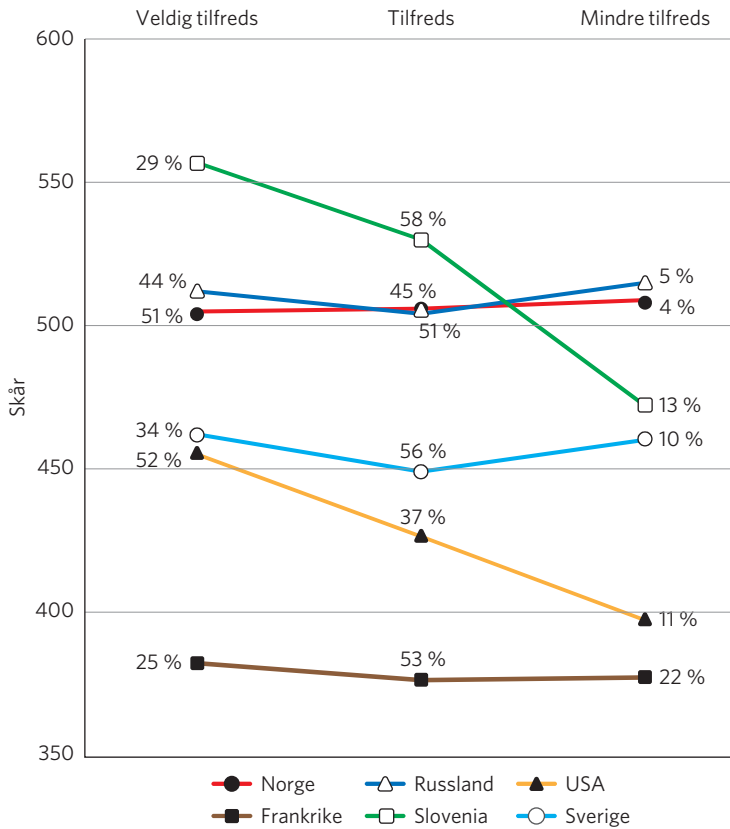
11.4 Fysikklærerne er gjennomgående tilfredse i jobben

Tabell 11.9 gir resultater for fysikklærerne på et konstrukt vi har kalt *Lærertilfredshet*. Tabellen angir også elevprestasjoner fordelt på ulike grader av lærertilfredshet. Resultatene er illustrert i figur 11.11. Konstruktet er basert på de syv spørsmålene fra lærerspørreskjemaet som er gjengitt i tekstboks 11.2.

Tabell 11.9 Lærertilfredshet for fysikklærere i TIMSS Advanced 2015.

Land	Veldig tilfreds		Tilfreds		Mindre tilfreds	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Libanon	67 (4,2)	412 (5,1)	30 (4,1)	409 (10,5)	3 (0,7)	373 (14,8)
USA	52 (4,9)	458 (9,7)	37 (5,3)	432 (20,5)	11 (1,8)	394 (28,2)
Norge	51 (4,1)	504 (6,1)	45 (4,0)	505 (6,1)	4 (1,6)	508 (10,7)
Russland	44 (4,4)	511 (11,3)	51 (4,0)	504 (10,8)	5 (1,4)	515 (30,0)
Sverige	34 (4,3)	462 (11,8)	56 (3,9)	449 (7,6)	10 (2,6)	461 (23,1)
Italia	31 (3,4)	355 (13,4)	53 (3,7)	392 (8,5)	17 (2,8)	390 (13,6)
Slovenia	29 (2,1)	557 (6,7)	58 (3,5)	531 (3,6)	13 (3,5)	472 (10,8)
Portugal	29 (4,0)	477 (8,0)	62 (4,8)	462 (5,8)	9 (2,4)	470 (17,5)
Frankrike	25 (2,5)	377 (7,0)	53 (3,3)	373 (4,5)	22 (2,7)	375 (8,7)
Internasjonalt snitt	40 (1,3)	457 (3,1)	49 (1,4)	451 (3,3)	10 (0,8)	440 (6,3)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Figur 11.11 Lærertilfredshet for fysikk-lærere i TIMSS Advanced 2015.

Tekstboks 11.2 *Spørsmålene fra lærerspørreskjemaet som konstruert Lærertilfredshet er basert på.*

Hvor ofte opplever du dette som lærer?

- 1) Jeg er tilfreds med jobben min som lærer
- 2) Jeg er tilfreds med å være lærer på denne skolen
- 3) Jeg synes jobben min er svært meningsfull
- 4) Jeg føler entusiasme for jobben min
- 5) Arbeidet mitt inspirerer meg
- 6) Jeg er stolt av jobben jeg gjør
- 7) Jeg skal fortsette å jobbe som lærer så lenge jeg kan

Merk: Lærerne som undersøkes i TIMSS Advanced, utgjør ikke et uavhengig utvalg; de er knyttet til populasjonen av elever. Dette gjør at man må vise noe forsiktighet når det gjelder konklusjoner om norske fysikklærere generelt basert på data fra TIMSS Advanced. Dette er drøftet i kapittel 13.

Fra tabell 11.9 ser vi at norske fysikklærere oppgir at de i hovedsak er godt fornøyd med jobben sin. Over halvparten av de norske fysikklærerne oppgir at de er svært fornøyd. Kun Libanon og USA har bedre tall for dette.

Tabell 11.9 og figur 11.11 viser at det i Norge ikke er noen klar (signifikant) sammenheng mellom fysikklærernes jobbtilfredshet og elevprestasjoner i klassen. Enkelte andre land viser imidlertid en tydelig sammenheng her. Resultatet vi ser i Slovenia og USA, kan tolkes på flere måter; det er viktig ikke å trekke ubegrunnede konklusjoner om kausalitet. Én mulig tolkning er at fysikklærerens jobbtilfredshet bestemmes av hvorvidt elevene gjør det bra faglig. Med andre ord: Hvis elevene gjør det bra, er læreren fornøyd. Imidlertid kan man også tenke seg at kausaliteten går motsatt vei: at misfornøyde lærere underviser dårligere, og derfor presterer elevene svakere. Når det gjelder det norske resultatet, er det verdt å merke seg det bare er 4 % av elevene som har lærere som er lite tilfredse med jobben sin.

Våre resultater viser at norske fysikklærere gjennomgående er godt tilfredse i jobben sin. Det tolker vi som et godt utgangspunkt for å få til forbedringer i de norske elevenes prestasjoner. Kapittel 12 drøfter hvordan vi kan få det til.

11.5 Fysikkelevne trives stort sett godt på skolen

Tabell 11.10 viser fysikkresultater for et konstrukt vi har kalt *Elevenes trivsel og tillit til skolen*. Figur 11.12 viser sammenhengen mellom *Elevenes trivsel på skolen* og hvor godt de presterer på den faglige fysikktesten. Tekstboks 11.3 gjengir de ni spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruktet *Elevenes trivsel og tillit til skolen* er basert på. Som vi ser, ligger Norge helt på topp når det gjelder hvor godt elevene trives på skolen. Vi ser også at det er en gjennomgående tendens i alle landene at det er indikasjoner på en klar sammenheng mellom hvor godt elevene trives, og hvor godt de presterer.

Tekstboks 11.3 Spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruert Elevenes trivsel og tillit til skolen er basert på.

Hva synes du om skolen din? Fortell hvor enig du er.

- 1) Jeg liker å være på skolen
- 2) Jeg kjenner meg trygg på skolen
- 3) Jeg føler at jeg hører til på denne skolen
- 4) Jeg liker å treffe klassekameratene mine på skolen
- 5) Lærerne er greie mot meg
- 6) Jeg er stolt av å gå på denne skolen
- 7) Jeg lærer mye på skolen
- 8) Elevene respekterer de som gjør det faglig godt på skolen
- 9) Elevene respekterer de som strever med å lære seg fagene

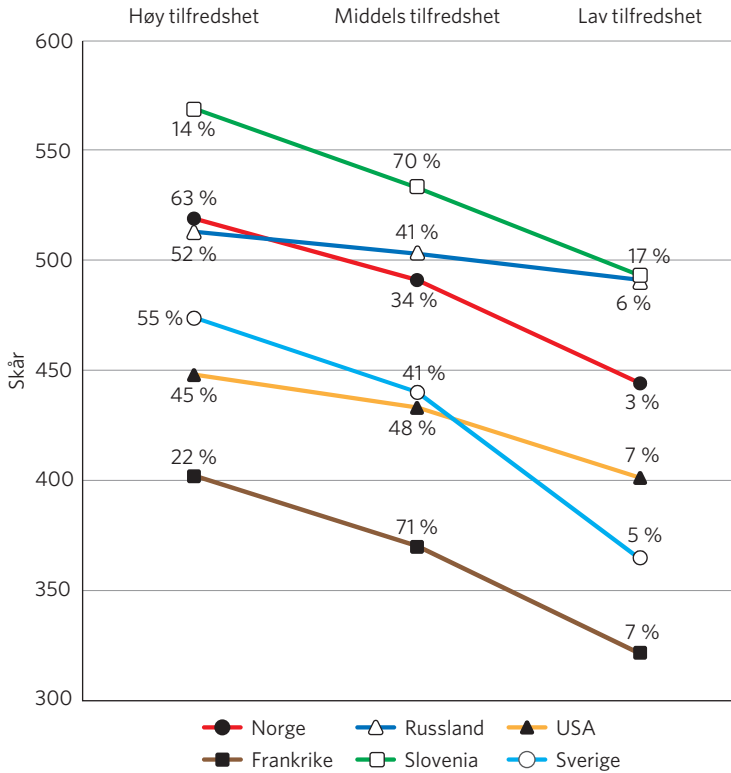
Tabell 11.10 Sammenheng mellom elevers trivsel og skoletillit og deres fysikkprestasjoner, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Høy tilfredshet	513	448	402	569	474	519
Middels tilfredshet	503	433	370	533	440	491
Lav tilfredshet	491	401	321	493	364	444

Bildet som tegnes her, har mange likhetstrekk med det lærerne rapporterte når det gjaldt tilfredshet i skolen. Med andre ord: Både fysikkelever og fysikk-lærere i norsk skole rapporterer om en høy grad av tilfredshet med skolen, helt i toppen sammenliknet med lærere og elever i andre land. Vi ser også at det er en klar sammenheng mellom elevenes faglige prestasjoner og hvor tilfredse de er.

Den store tilfredsheten med skolen som norske fysikkelever uttrykker, er et godt utgangspunkt for å bedre elevenes faglige resultater. Se kapittel 12, som tar opp dette i et videre perspektiv.

Figur 11.12 Sammenheng mellom elevers trivsel og skoletillit og deres fysikkprestasjoner, TIMSS Advanced 2015.



11.6 Bruk av lekser i Norge framstår noe ensidig

Det har i lang tid vært mye diskusjon om lekser i skolen (Cooper, 2001; Corno, 1996; Grønmo, 2010b). I dagens skole er selve begrepet lekser problematisk å definere. Noen skoler gir elevene oppgaver som ikke er hjemmearbeid, men som likevel skal løses utenom tiden hvor faglæreren er til stede. Dette blir en form for «lekser» som skal utføres i løpet av skoletiden. Det varierer også innad i land og mellom land hvor lang tid elevene tilbringer på skolen, og i hvilken grad de får oppgaver som skal gjøres hjemme.

Det har vært hevdet at bruk av lekser fører til større forskjeller mellom elevene, avhengig av om de får hjelp til leksene hjemme eller ikke (Rønning, 2011). Dette har vært brukt som et argument mot lekser, og temaet har særlig vært problematisert når det gjelder elever i grunnskolen. Det har vært gjennom-

ført mange studier som har konkludert med at lekser ser ut til å ha en positiv effekt på elevenes læring, men at effekten er større på de høyere trinnene i skolen (Cooper, Robinson & Patall, 2006). I den nasjonale boka om TIMSS Advanced fra studien i 2008 (Grønmo et al., 2010a) ble det funnet en sammenheng mellom hvor mye tid en klasse brukte på lekser, og hvor godt elevene presterte på den faglige testen i matematikk. En klasse som samlet brukte mer tid på lekser, presterte bedre på den faglige testen enn klasser som brukte mindre tid på lekser. Samtidig ble det funnet en svak, men negativ sammenheng på elevnivå som viste at elever som brukte mer tid på leksene, tenderte til å prestere svakere enn elever som brukte mindre tid (ibid.). Dette resultatet fra analyser av TIMSS Advanced-elever i matematikk i 2008-studien viser litt om hvor komplisert området lekser er. Også dette er et resultat som samsvarer med tidligere forskning på området (Trautwein, 2007).

Tidligere forskning har også pekt på at mange andre faktorer enn *mengde* lekser er viktige når man skal vurdere hvordan leksene fungerer i en læringsprosess, som hvilken type lekser som gis, hvordan læreren følger opp leksene, og i hvilken grad det er en variasjon i type lekser.

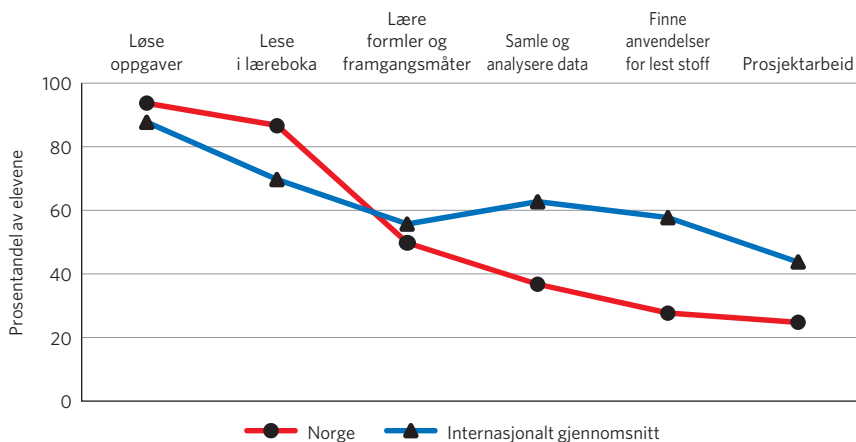
Tabell 11.11 viser hvilken *type lekser* elevene fr i de ulike landene basert på lærernes svar på spørsmål om dette. Figur 11.13 viser hvilken type lekser norske fysikk-lærere gir sine elever sammenliknet med internasjonalt gjennomsnitt (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016b).

Tallene i figur 11.13 er prosentandel elever med lærere som svarte «Av og til» eller «Alltid eller nesten alltid» på spørsmål om hvor ofte de gir den aktuelle typen lekser. Norge ligger over det internasjonale gjennomsnittet i leksekategoriene «Løse oppgaver» og «Lese i boka», mens vi ligger klart under gjennomsnittet i kategoriene «Samle og analysere data», «Finne anvendelser for lest stoff» og «Prosjektarbeid». Dette tyder på at lekser i den norske fysikk-undervisningen brukes på en svært tradisjonell mte. De tre sistnevnte kategoriene går ut på å gi elevene lekser hvor de selv skal være aktive på ulike måter, for eksempel ved å samle inn og analysere data, eller hvor de skal finne anvendelser for stoff de har lært.

Tabell 11.11 Type lekser gitt i fysikk i ulike land i TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosentandel elever med lærere som "alltid" eller "nesten alltid" gir den aktuelle typen lekser					
	Løse oppgaver	Lese i læreboka	Lære formler og framgangsmåter	Samle og analysere data	Finne anvendelser for lest stoff	Prosjektarbeid
Frankrike	97 (0,6)	56 (3,0)	92 (1,3)	77 (2,6)	44 (3,0)	4 (2,0)
Italia	97 (1,2)	90 (2,3)	67 (3,0)	62 (3,4)	74 (2,6)	38 (3,7)
Libanon	96 (1,4)	86 (2,3)	89 (3,3)	87 (3,2)	89 (2,8)	60 (3,6)
Norge	94 (2,2)	87 (2,8)	50 (3,9)	37 (3,7)	28 (3,9)	25 (3,7)
Portugal	80 (3,8)	45 (4,9)	19 (3,2)	52 (4,7)	62 (4,3)	43 (5,4)
Russland	100 (0,0)	100 (0,0)	97 (1,4)	94 (1,7)	96 (1,2)	82 (2,8)
Slovenia	69 (2,2)	39 (4,6)	34 (3,5)	51 (4,5)	50 (3,5)	28 (2,9)
Sverige	70 (3,9)	62 (4,7)	18 (2,8)	35 (3,9)	27 (3,1)	38 (3,7)
USA	93 (4,4)	66 (5,8)	42 (5,6)	75 (5,4)	53 (5,7)	66 (6,0)
Internasjonalt gjennomsnitt	88 (0,9)	70 (1,3)	56 (1,1)	63 (1,3)	58 (1,2)	44 (1,3)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Figur 11.13 Type lekser gitt i fysikk i Norge sammenliknet med internasjonalt gjennomsnitt, TIMSS Advanced 2015.

I seks land svarer 93–100 % av fysikklærerne at de gir elevene lekser. I Sverige, Slovenia og Portugal er det henholdsvis 71 %, 69 % og 82 % som gir lekser i fysikk. Det er en vesentlig lavere andel av elevene som lærerne rapporterer at får lekser i fysikk i Sverige enn i Norge, 71 % mot 95 % i Norge. Men som vi nevnte innledningsvis i dette delkapitlet, er bruken av begrepet lekser ikke helt entydig, så vi er forsiktige med å tolke for mye inn i de forskjellene vi her finner mellom Norge og Sverige. Det kan for eksempel være at man i Sverige ikke bruker begrepet lekser like mye som i Norge, for eksempel om oppgaver som elevene kan gjøre ferdig på skolen.

Våre funn viser at lekser brukes relativt ensidig i norsk fysikkundervisning. Dette samsvarer med tilsvarende funn i matematikk.

11.7 Fysikkelevne er stort sett fornøyde med fag og undervisning

Elevspørreskjemaene i TIMSS Advanced fysikk 2015 inneholdt mange spørsmål om elevenes syn på fysikkfaget og på fysikkundervisningen. Tabell 11.12 og figur 11.14 viser resultater for et konstrukt vi kaller *Engasjerende fysikkundervisning*. Dette konstruktet er en samlevariabel basert på svar på 14 spørsmål fra elevspørreskjemaene. Spørsmålene er gjengitt i tekstboks 11.4.

Tabell 11.12 og figur 11.14 viser sammenhengen mellom konstruktet *Engasjerende fysikkundervisning* og prestasjoner i fysikk. Vi finner en tydelig sammenheng mellom hvor engasjerende elevene synes undervisningen er, og hvor godt de presterer i faget. Det gjelder for Norge, som for de andre deltakerlandene.

Norske fysikkelever rapporterer at de synes undervisningen er mer engasjerende enn de svenske elevene gjør. I Sverige er det hele 21 % som synes fysikkundervisningen er *lite* engasjerende mot 11 % i Norge. Gjennomsnittsprestasjonen for denne gruppen er bare 406 poeng i Sverige, mot 451 poeng i Norge. Men som alltid i TIMSS Advanced er det viktig å ta med landenes dekningsgrad når vi vurderer resultatet. I Sverige tar 14,3 % av årskullet fysikk, mens dekningsgraden i Norge bare er 6,5 %. Det er klart at elevgruppen i Sverige som resultat av dette kan antas å være mer inhomogen

enn den norske, noe som kan representere større utfordringer for undervisningen. Det norske resultatet er omtrent midt på listen når vi sammenlikner med andre land på konstruktet *Engasjerende fysikkundervisning*. Libanon og Russland er de landene hvor elevene i størst grad gir uttrykk for at de synes undervisningen er interessant. Begge land har lav dekningsgrad, og det er derfor rimelig å anta at de har en mer homogen gruppe elever enn land med høyere dekningsgrad.

Tekstboks 11.4 *Spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruktet Engasjerende fysikkundervisning er basert på.*

Hvor enig er du i disse utsagnene om fysikktimene?

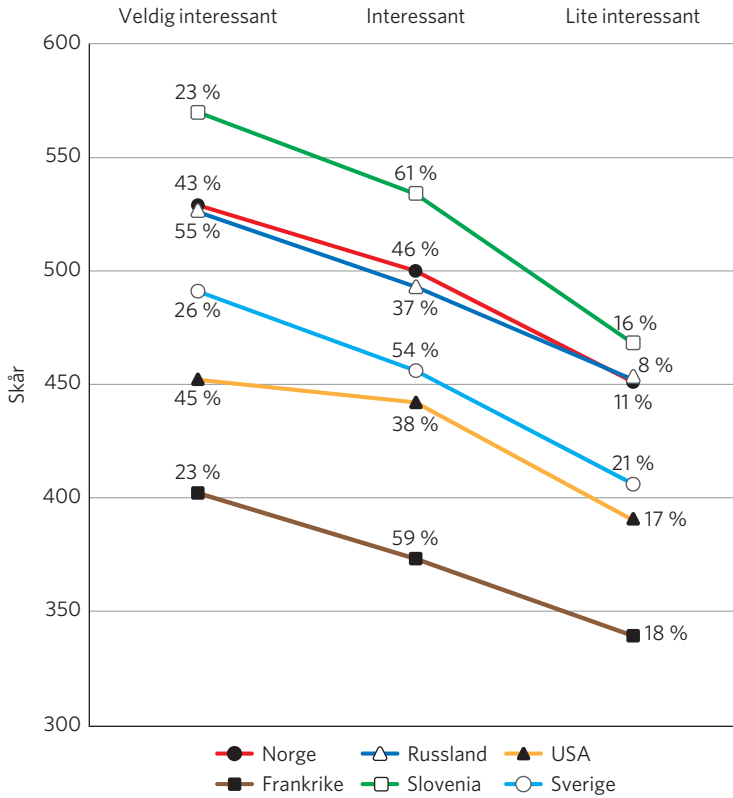
- 1) Læreren forteller tydelig hva hensikten er med hver fysikktime
- 2) Jeg vet hva læreren vil at jeg skal gjøre
- 3) Læreren er lett å forstå
- 4) Jeg er interessert i det læreren sier
- 5) Læreren gir meg interessante oppgaver
- 6) Læreren stiller spørsmål som gjør at jeg må tenke meg om
- 7) Læreren har klare svar på spørsmålene mine
- 8) Læreren knytter nytt stoff til det jeg allerede kan
- 9) Læreren er flink til å forklare fysikk
- 10) Læreren lar meg vise hva jeg har lært
- 11) Læreren oppfordrer meg til å jobbe med fysikkoppgaver helt til jeg løser dem
- 12) Læreren gir nyttige tilbakemeldinger på skolearbeid og lekser
- 13) Læreren bruker mange forskjellige undervisningsmetoder, oppgaver og aktiviteter for å hjelpe oss å lære
- 14) Læreren tror at jeg kan lære vanskelig fysikkstoff

Tabell 11.12 Resultater for konstruktet *Engasjerende fysikkundervisning*, TIMSS Advanced 2015.

Land	Veldig interessant		Interessant		Mindre interessant	
	Prosent av elever	Skår	Prosent av elever	Skår	Prosent av elever	Skår
Libanon						
Jenter	64 (3,7)	421 (5,7)	28 (2,5)	416 (8,8)	8 (2,6)	405 (23,8)
Gutter	52 (3,5)	417 (7,1)	36 (2,5)	406 (10,0)	12 (2,1)	367 (19,1)
Russland						
Jenter	54 (2,2)	519 (9,4)	37 (1,6)	481 (9,3)	9 (1,4)	448 (15,4)
Gutter	55 (2,0)	531 (8,0)	37 (1,4)	502 (8,2)	7 (1,2)	456 (18,1)
USA						
Jenter	40 (3,3)	425 (13,9)	41 (1,9)	414 (13,0)	20 (2,3)	370 (20,7)
Gutter	48 (2,8)	467 (10,4)	36 (1,9)	462 (9,4)	16 (2,1)	407 (13,9)
Portugal						
Jenter	51 (4,4)	449 (7,6)	35 (3,5)	465 (11,6)	14 (2,7)	460 (15,6)
Gutter	42 (3,2)	473 (6,8)	43 (2,1)	471 (5,8)	16 (2,2)	459 (10,2)
Norge						
Jenter	35 (2,8)	509 (7,3)	51 (2,5)	486 (8,5)	14 (1,7)	452 (11,0)
Gutter	47 (2,1)	536 (4,8)	44 (1,9)	507 (5,9)	9 (0,9)	451 (9,7)
Sverige						
Jenter	23 (1,6)	483 (10,7)	52 (1,8)	455 (7,2)	26 (2,4)	404 (8,8)
Gutter	28 (1,7)	496 (8,9)	55 (1,4)	457 (6,5)	17 (1,3)	408 (13,6)
Frankrike						
Jenter	21 (1,5)	382 (8,2)	60 (1,6)	354 (4,3)	19 (1,7)	327 (6,2)
Gutter	24 (1,9)	418 (8,5)	58 (1,7)	391 (4,7)	18 (1,6)	351 (5,7)
Slovenia						
Jenter	19 (2,2)	564 (11,8)	62 (3,1)	509 (7,9)	19 (3,0)	461 (15,8)
Gutter	24 (2,3)	572 (9,4)	61 (2,4)	545 (4,4)	15 (2,2)	473 (9,2)
Italia						
Jenter	19 (1,7)	360 (16,1)	50 (1,7)	361 (8,0)	31 (1,9)	349 (8,5)
Gutter	21 (1,6)	407 (15,9)	49 (1,7)	398 (8,8)	30 (2,0)	363 (10,8)
Internasjonalt snitt						
Jenter	36 (0,9)	457 (3,5)	46 (0,8)	438 (3,0)	18 (0,8)	408 (5,0)
Gutter	38 (0,8)	480 (3,1)	47 (0,6)	460 (2,4)	16 (0,6)	415 (4,3)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Figur 11.14 Resultater for konstruktet *Engasjerende fysikkundervisning*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.



At elevenes holdninger til det faget de skal lære, har stor betydning for hvor godt de presterer, er allment akseptert og dokumentert i en rekke studier (Furner & Gonzales-DeHass, 2011; Middleton & Spanias, 1999; Wæge, 2010). Tabell 11.13 og figur 11.15 viser resultater for et konstrukt kalt *Liker å lære fysikk*. Dette er en samlevariabel basert på en gruppe av 12 spørsmål til elevene om deres holdninger og syn på faget. Se tekstboks 11.5, som gjengir disse spørsmålene.

Tekstboks 11.5 *Spørsmålene som konstruktet Liker å lære fysikk er basert på.*

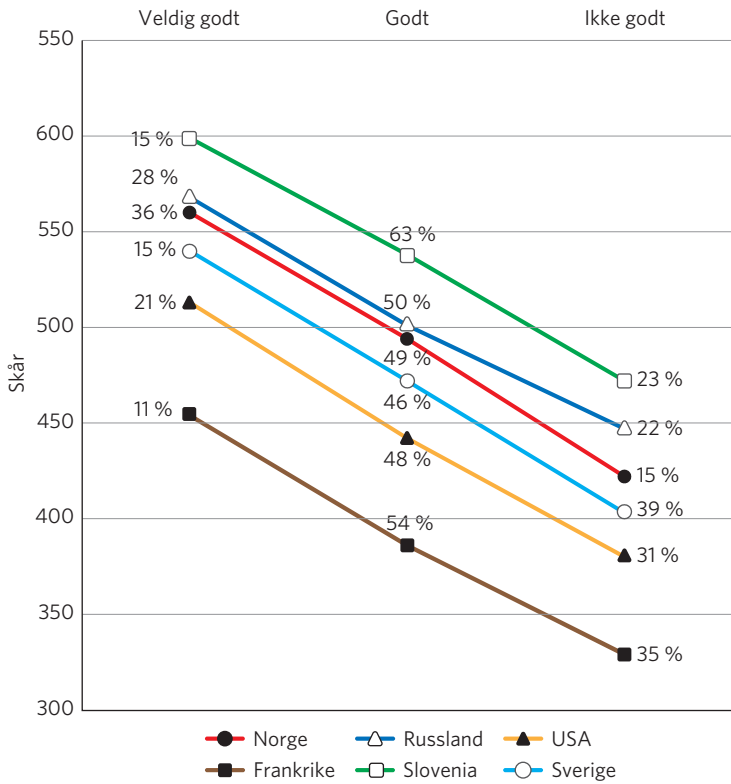
Hvor enig er du i disse utsagnene om fysikken du lærer?

- 1) Jeg liker å gjøre forsøk og undersøkelser i fysikk
- 2) Jeg føler tilfredshet når jeg greier å løse en fysikkoppgave
- 3) Jeg kjeder meg når jeg jobber med fysikk
- 4) Jeg liker å jobbe med fysikk når jeg ikke er på skolen
- 5) Det er interessant å lære fysiske lover og prinsipper
- 6) Jeg er engstelig for fysikktimene
- 7) Jeg tar fysikk fordi jeg liker å lære nye ting
- 8) Jeg trives med å finne ut av utfordrende fysikk
- 9) Fysikk er et av favorittfagene mine
- 10) Jobber som krever høy fysikkferdighet virker interessante
- 11) Jeg skulle ønske at jeg ikke måtte lære fysikk
- 12) Jeg liker å betrakte verden ved hjelp av fysiske lover

Tabell 11.13 Resultater for konstruktet *Liker å lære fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Veldig godt	568	513	454	599	540	560
Godt	501	442	386	538	472	494
Ikke godt	447	380	329	472	403	422

Vi ser av figur 11.15 at norske elever i større grad enn elevene i Sverige gir uttrykk for at de liker å lære fysikk. Men igjen må man ta forskjellen i dekningsgrad med i betraktning, med 14,3 % av årskullet som tar fysikk i Sverige, mot 6,5 % i Norge. Internasjonalt ligger Norge helt i toppen når det gjelder konstruktet *Liker å lære fysikk*. Norge har den største prosentandelen elever som svarer «Liker veldig godt», og prosentandelen som svarer «Liker veldig godt» eller «Liker godt», er hele 85 %. Dette resultatet utgjør en meget god tilbakemelding til norske fysikklærere.

Figur 11.15 Resultater for konstruktet *Liker å lære fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Elevene i TIMSS Advanced 2015 fikk også spørsmål om hvilken nytte de mente at de hadde av å lære faget. Tabell 11.14 og figur 11.16 viser resultater for et konstrukt vi har kalt *Nytte av fysikk*. Dette er en samlev variabel basert på en gruppe på ni spørsmål til matematikkelevne om deres holdninger og syn på faget. Tekstboks 11.6 gjengir disse spørsmålene. Som de to konstruktene vi har sett på tidligere i dette kapitlet, fikk også dette konstruktet tilordnet tre mulige verdier. Verdiene brukt her er betegnet *veldig nyttig*, *nyttig* og *lite nyttig*, og de er definert ut fra en poengskala knyttet til elevenes svar på spørsmålene i tekstboks 11.6. Spørsmålene til elevene går både på viktighet for en selv i videre utdanning og jobb, og på hva elevene svarer at foreldrene mener.

Tekstboks 11.6 *Spørsmålene som konstruktet Nytte av fysikk er basert på.*

Hvor enig er du i disse utsagnene om fysikken du lærer?

- 1) Å lære fysikk vil hjelpe meg til å klare meg godt i livet
- 2) Det er viktig å være flink i fysikk
- 3) Den fysikken jeg lærer, vil ikke være nyttig for meg i framtida
- 4) Foreldrene mine er glade for at jeg spesialisierer meg i fysikk
- 5) Å gjøre det bra i fysikk vil hjelpe meg til å komme inn på den utdanningen jeg helst vil
- 6) Å ta Fysikk 2 ser ikke ut til å ha noen særlig nytteverdi
- 7) Foreldrene mine synes det er viktig at jeg gjør det bra i fysikk
- 8) Jeg liker å fortelle folk at jeg tar avansert fysikk
- 9) Å ta Fysikk 2 vil gi meg flere jobbmuligheter enn jeg ellers ville fått

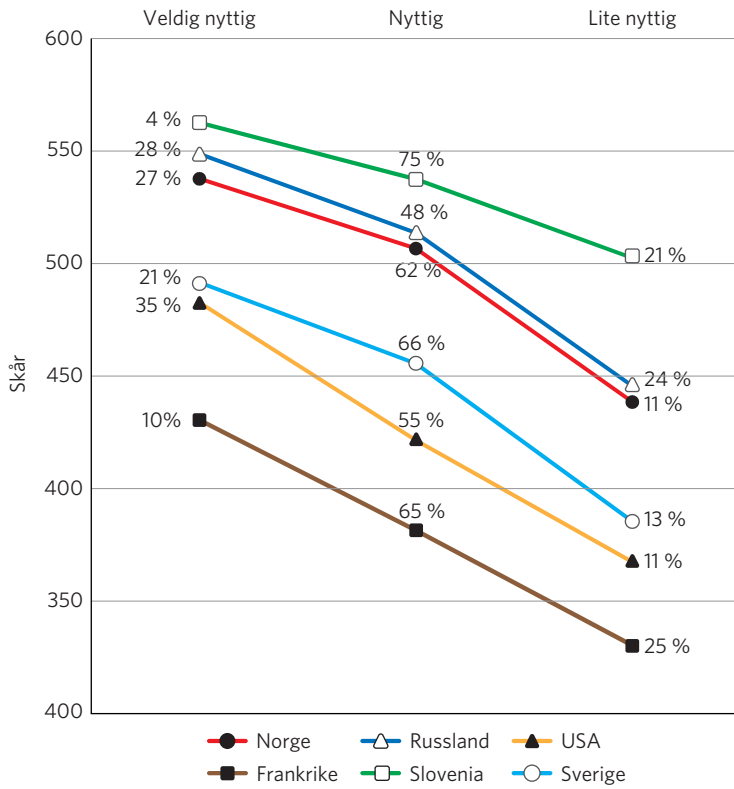
Tabell 11.14 Resultater for konstruktet *Nytte av fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Veldig nyttig	549	483	431	563	492	538
Nyttig	514	422	382	538	456	507
Lite nyttig	446	368	331	503	386	439

Resultatene for dette konstruktet peker i samme retning som resultatene fra de to foregående konstruktene om engasjerende undervisning og om hvor godt man liker faget, med en gjennomgående trend i alle land at jo større nytte elevene uttrykker at de har av å lære fysikk, desto bedre faglige prestasjoner har de. Norske elever gir uttrykk for at de anser fysikk som mer nyttig enn det elevene i Sverige gjør, men denne gangen er ikke forskjellen i prosenter så stor. Sammenlikner vi med andre land, skårer ikke norske elever spesielt høyt når det gjelder konstruktet *Nytte av fysikk*. Se figur 11.16. I tillegg er dekningsgraden i fysikk i Norge lav, se kapittel 3. Kombinasjonen av disse to tingene kan tyde på at fysikk ikke oppfattes som spesielt nyttig i Norge sammenliknet med i andre land.

Våre funn indikerer at norske fysikkelever gjennomgående er godt fornøyde med faget. I alle land indikeres det en klar sammenheng mellom elevenes prestasjoner og hvor nyttig de anser faget å være.

Figur 11.16 Resultater for konstruktet *Nytte av fysikk*, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.



11.8 Oppsummerende kommentarer

Resultatene i dette kapitlet samsvarer i stor grad med de tilsvarende resultatene fra TIMSS Advanced 2015 matematikk (Grønmo et al., 2016). De gir også uttrykk for mye av det samme som man ser i de tilsvarende undersøkelsene i rapporten fra TIMSS Advanced 2008 fysikk (Lie et al., 2010).

Våre funn i TIMSS Advanced 2015 fysikk bekrefter at elevenes hjemmebakgrunn (SES) har betydning for deres prestasjoner. Elevenes hjemmebakgrunn ser også ut til å ha betydning for om elevene velger fysikk i videregående skole. Vi ser også at elever som jobber mye utenfor skolen, tenderer til å prestere svakere enn andre elever. Samtidig er det slående at prosentandelen elever som ikke jobber utenom skolen i Norge, er den laveste blant alle deltakerlandene i TIMSS Advanced 2015.

Både når det gjelder andel lærere som underviser i faget, og ikke minst når det gjelder andelen elever som velger faget, framstår fysikk fortsatt som et «guttefag» i Norge, og dette i vel så stor grad som i de andre deltakerlandene.

Det framstår som problematisk at norske lærere i mindre grad enn lærere i andre land deltar i relevant etter- og videreutdanning, og at bruken av lekser i Norge er mindre variert enn i andre land.

Et positivt funn er at både lærere og elever i fysikk gir uttrykk for relativt stor tilfredshet og trivsel sammenliknet med andre land. Det er også sammenheng mellom høy tilfredshet og gode prestasjoner. Her er det imidlertid viktig å poengtere at man ikke kan si noe om kausalitet. Det er plausibelt at elever som presterer godt i faget vil trives med det, mens det kan også være at trivsel gir bedre prestasjoner.

Hvordan lykkes i realfag?

Drøftinger og forslag til tiltak, utprøvinger og forskning

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

I dette kapitlet konsentrerer vi oss om å ta opp og drøfte sentrale spørsmål som peker seg ut som viktige basert på resultater fra mange av kapitlene i boka. For oppsummering av resultater i det enkelte kapitlet henviser vi til avsluttende kommentarer etter hvert kapittel.

I slutten av videregående skole viser studier av de som velger fordypning i fysikk, en markant nedgang i prestasjoner over 20 år (74 poeng av et standardavvik på 100 poeng), se illustrasjon 3.1. Samtidig har andelen elever som velger fordypning i faget sunket. Allerede i 1995 var andelen som valgte fysikk, relativt lav sammenliknet med andre land, noe som ble påpekt både i nasjonale og internasjonale rapporter. Dette resultatet samsvarer med at de faglige prestasjonene i grunnskolen også har sunket i samme periode. Spesielt tydelig ser vi det i naturfag på ungdomstrinnet (illustrasjon 3.2), hvor elevene i 2015 presterer på samme nivå som ett år yngre elever, med ett år mindre skolegang, gjorde i 1995. Det elevene lærer i grunnskolen, synes det rimelig å anta at har betydning for hvor mye de lærer i videregående skole. Disse resultatene er urovekkende på bakgrunn av at det er relativt stor enighet om at realfaglig kunnskap vil bli viktigere i samfunnet framover, både for den enkelte elev og for samfunnet som helhet.

På tross av dette nedslående bildet mener vi at vi har store muligheter for å snu trenden og lykkes i realfag. Grunnopplæringen i Norge i dag består av grunnskolen og videregående skole. I tidligere generasjoner var det bare grunnskolen som var for alle, i dag må vi inkludere videregående skole som en del av grunnopplæringen alle i samfunnet trenger. Med det som utgangspunkt må vi

ta på alvor og se i øynene de utfordringene 20 års sammenhengende forskning har vist at vi står overfor når det gjelder realfagene, særlig i fysikk og matematikk.

Vi har store muligheter for å lykkes, fordi Norge er et land med mange kjennetegn som legger til rette for det: 1) Vi har en økonomi som de fleste andre land bare kan misunne oss, 2) vi har en tradisjon for politisk samarbeid på tvers av partipolitiske skiller som få andre land kan vise til, og 3) vi har en velferdsstat som i større grad enn de fleste andre land har lyktes i å ivareta alle landets borgere på en bra måte. Det betyr ikke at vi ikke har store utfordringer foran oss. Det betyr ikke at det kommer til å bli lett. Det kommer utvilsomt til å kreve hardt arbeid, det kommer utvilsomt til å bli vanskelig. Men hvis vi greier å hente ut det beste av våre norske tradisjoner når det gjelder å gjøre felles løft til det beste for landet, er det langt fra umulig. Vi har greid å snu trenden med store problemer i leseferdighetene til elevene (Björnsson & Olsen, 2018; Gabrielsen et al., 2017); nå må vi ta løftet for realfagene. Vi kan ha noe å lære av en del av de tiltakene som ble gjennomført for lesing.

Vi må ta på alvor de utfordringene Norge har i realfag som fysikk og matematikk, samtidig som vi tar med oss de beste av tradisjonene våre når det gjelder å samarbeide. Grunnmuren i det som er dagens Norge, det som gjør oss til et av verdens beste land å leve i, er at vi har evnet å samarbeide på tvers av politiske og andre skillelinjer om å lage gode løsninger.

12.1 Hva kan vi lære av leseløftet?

I 2004 fikk vi det som ble kalt PISA-sjokket, basert på at norske elever i internasjonale komparative studier som PISA og TIMSS presterte svakere enn forventet i lesing, matematikk og naturfag. Det var en klar *nedgang* i prestasjoner i matematikk og naturfag fra 1995 til 2003 i TIMSS på barnetrinn og ungdomstrinn (Grønmo, Bergem, Kjærnsli, Lie & Turmo, 2004b), og i lesing på ungdomstrinnet i PISA fra 2000 til 2003 (Kjærnsli, Lie, Olsen, Roe & Turmo, 2004). Det førte til en felles oppfatning i Norge om at man måtte legge mer vekt på å gi elevene faglige kunnskaper i skolen. Dette førte til reformen Kunnskapsløftet med ny læreplan i 2006 (KD, 2006). Særlig fikk elevenes svake kunnskaper i lesing stor oppmerksomhet, og flere tiltak ble satt i gang for å bedre situasjonen.

En viktig faktor var den store enigheten på tvers av ulike skillelinjer, både innen fagmiljøet og politisk, om at norsk skole trengte et løft for å bedre elevenes lesekunnskaper. Det sikret et godt samarbeid om de tiltakene som ble satt i gang. Leseferdigheter er viktige for alle fag i skolen, men opplæringen er nært knyttet til norskfaget. Det ble blant annet satset på lesestimulering fra barnehagen av og systematisk vekt på leseopplæring i barneskolen og videre i skolesystemet. Foreldre ble ansett som viktige samarbeidspartnere for å stimulere elevenes lesing, nasjonale leseprøver ble brukt for å måle utviklingen, og flere ekstratiltak ble satt inn. Se Kjærnsli & Roe (2010, kap. 12.4). Blant annet ble det satt i gang etterutdanning av lærere med vekt på opplæringen i norsk språk.

Som nevnt handlet ikke PISA-sjokket i 2004 bare om lesing, det handlet også om matematikk og naturfag. Man har ikke målt tilsvarende framgang i disse fagene, selv om det er noe underkommunisert. Det kan noen ganger se ut som om den framgangen man har hatt i lesing gjelder generelt i skolen, slik det omtales i media. Se for eksempel *Aftenposten* 18.9.2019 (Eilertsen, 2019). Dessverre er resultatene i realfagene langt mindre positive enn det den artikkelen gir inntrykk av; det gjelder for både naturfag og matematikk (jf. kapittel 3).

Vi har full forståelse for at man i første omgang satset mest på å bedre elevenes lesing. At elevene er gode i norsk språk, er viktig også for deres læring i de andre skolefagene. Samtidig tjener det ingen hensikt å overdrive de positive resultatene, slik vi ser tendenser til nå. Vi må heller lære av de tiltakene som i første omgang ble gjort for å bedre elevenes leseferdigheter, for også å få til en positiv utvikling i realfagene. Det er særlig i de såkalt harde realfagene, fysikk og matematikk, at situasjonen er problematisk. Tiden er moden for å sette inn et støt for bedre resultater også i disse viktige fagene. Da kan man antakelig ha noe å lære av hva som ble gjort for å bedre elevenes resultater i lesing.

Det er verdt å merke seg at støtet for lesing ble satt inn på alle nivåer. Fra barnehage og oppover i skolesystemet fikk man en felles oppgave: å få til et løft i elevenes leseferdigheter. En annen viktig faktor var at alle aktører – foreldre, lærere, lærerutdannere og skoleadministrasjon – samarbeidet systematisk over tid for å få dette til. Den positive endringen kom ikke over natta, den forutsatte utstrakt samarbeid og systematisk innsats over tid fra alle involverte. Studier i realfag har vist at det er de samme faktorene som er viktige for å bedre situasjonen i disse fagene (Grønmo & Onstad, 2013b).

En faktor som alltid er viktig, er at de som skal undervise, har god faglig og pedagogisk kompetanse. I lesing, en opplæring som i hovedsak er knyttet til norskfaget, har alle lærere hatt det aktuelle faget som elever til ut videregående skole. Norskfaget er også sentralt i lærerutdanningen for de som skal undervise i faget. Det kan man anta at garanterer for at lærerne har en rimelig god kompetanse i faget. Det samme kan man dessverre ikke si om realfagene. Det er bare et fåtall av de som blir lærere i grunnskolen som har hatt matematikk og naturfag til topps i videregående skole, og de har ofte hatt langt mindre matematikk og fysikk enn norsk i sin lærerutdanning (Grønmo & Onstad, 2012a). Det betyr at man står overfor større utfordringer i disse fagene enn det man gjorde for lesing. Men det betyr ikke at vi ikke kan greie å få til en positiv utvikling også her; vi må lære av det som ble gjort for å få til den positive utviklingen i lesing, samtidig som vi *tar på alvor og møter de ekstra utfordringene vi har*. I flere senere delkapitler drøfter vi spørsmål relatert til disse utfordringene, i neste delkapittel (12.2) tar vi spesielt opp situasjonen med lærerkompetanse.

12.2 Lærerkompetanse og livslang læring

Livslang læring er naturlig nok viktig i et samfunn i rivende utvikling; ikke minst gjelder det for de som har ansvaret for å undervise andre, altså lærerne.

Før var det vanlig å lære seg ett yrke, for så å jobbe med det resten av livet. Nå er det vanlig å få kurs og utdanningsmuligheter gjennom jobben, slik at du lærer noe nytt hele tiden mens du er i arbeid. At vi lærer gjennom hele livet, kalles livslang læring. Grunnen er blant annet at teknologien og samfunnet endrer seg så fort at vi er nødt til å lære oss ting også underveis for å kunne gjøre en god jobb. (Utdanning.no, 2019)

Vi er et land hvor de aller fleste lærere har høyere utdanning med god kompetanse for yrket sitt (Grønmo & Onstad, 2012a). Dette betyr ikke at norske lærere ikke har god generell kompetanse, men:

Norsk skole er bygget på allmennlærere med middels lang utdanning. Relativt få lærere har en mastergrad (ca. 10 % og 20 % på hhv. barne- og ungdomstrinnet), og relativt få lærere rapporterer at de har en utdanning med spesialisering i det faget de underviser i. (Olsen & Björnsson, 2018, s. 17)

I et samfunn i stadig utvikling må lærerne, som andre grupper, oppdatere seg jevnlig. Det gjelder ikke bare for å lære seg det som er nytt, som for eksempel bruk av IKT i undervisningen. Innholdet i det elevene trenger å lære, vil også endre seg over tid. Det er for eksempel langt flere utdanninger og yrker i dag hvor elevene trenger elementære kunnskaper i algebra enn det som var situasjonen for noen generasjoner siden. Algebra er grunnlaget for matematisk modellering, noe som gjør faget til en verktøykasse for et utall av praktiske anvendelser. I dagens samfunn betyr det at mange elever trenger denne kunnskapen for videre utdanninger og yrker, både fagutdanninger og akademiske studier. På samme måte trenger elevene naturfaglige kunnskaper som fysikk. Ikke minst er disse typene kunnskaper viktigere enn tidligere for å løse problemer knyttet til miljø, utvikling av ny teknologi og økonomi. Den generelle kompetansen lærerne har, er på mange måter en nødvendig forutsetning for å kunne oppdatere seg. Man har på den måten et godt utgangspunkt for å tilegne seg mer kunnskap, man starter ikke på «scratch», men utvider det repertoaret man allerede har.

Med livslang læring som bakteppe må man kunne forvente at universiteter og høyskoler jevnlig og systematisk har som *prioritert oppgave* å tilby etter- og/eller videreutdanningskurs til lærere (og andre) antakelig i større grad enn hittil. Særlig trenger vi videre- og/eller etterutdanning med vekt på det faglige innholdet elevene skal lære. I de senere årene har det blitt investert betydelige summer knyttet til etter- og videreutdanning av lærere. Nå, som tidligere, er det viktig at man gir klare og forpliktende signaler om hva som skal være innholdet i de kursene som tilbys. Det er utdanningspolitisk svært passivt å la det være opp til de enkelte institusjoner, fylker eller kommuner å bestemme innholdet. De pengene som bevilges, må derfor øremerkes etter- og videreutdanning tilknyttet *konkrete faglige temaer*, på samme måte som man prioriterte sannsynlighetsregning og kombinatorikk i etterutdanning av matematikklærere på 1990-tallet. De som deltar på kursene, må kunne dokumentere deltakelse og gjennomføring. Vi etterlyser her et utstrakt samarbeid for å sikre en nasjonal standard på innhold og gjennomføring. Det har også vært dokumentert i mange studier at norske lærere i mindre grad enn i en del andre land deltar systematisk i relevant etter- og/eller videreutdanning:

Et ikke like flatterende trekk ved norsk skole er manglende volum og systematikk i den kontinuerlige kompetansehevingen eller etterutdanningen av

lærere – i alle fall når det gjelder tiltak rettet mot spesifikke fag. Dette er dokumentert gjennom alle de internasjonale studiene som har inkludert spørreskjemaer til lærerne. I tillegg viser TIMSS-studien at deltakelsen i faglig relevant etterutdanning har sunket betydelig fra 2007 til 2015.

(Olsen & Björnsson, 2018, s. 17, vår understrekning)

Det er også rimelig å vurdere flere stimulerings tiltak for å tiltrekke seg personer med god fagutdanning i fysikk og matematikk til læreryrket. Noen slike tiltak har man allerede hatt, for eksempel Teach First (<https://www.teachfirstnorway.no/>). Men det trengs mer satsing på dette området; det er fortsatt stor mangel på lærere med denne typen kompetanse i skolen.

Andre tiltak rettet mot lærere i skolen som kan settes i gang, i tillegg til ordinær videreutdanning, er: 1) å gi økonomisk støtte til lærere for å delta på konferanser, nasjonalt og internasjonalt, 2) å gi økonomisk og annen støtte til å delta i/igangsette studier av egen praksis i skolen, 3) å gi økonomisk tilskudd til lærere som deltar i forskningssamarbeid/publiserer i ulike tidsskrifter, og 4) å bruke lønn som et middel for å tiltrekke seg lærere med den type kompetanse skolen trenger.

Tiltak rettet mot ansatte på universiteter og høyskoler er: 1) å gi økonomisk støtte til å utvikle modeller for hvordan man kan gi god etter- og videreutdanning til lærere, 2) å stimulere til forskning som evaluerer og publiserer denne typen arbeid, og 3) å arbeide for at denne typen undervisning gir akademisk uttelling for de vitenskapelig tilsatte ved institusjonene.

12.3 Læreplaner og implementering i klasserommet

Innhold og utforming av norske læreplaner står sentralt i spørsmål om hvor godt norske elever presterer i ulike fag. Hvilken undervisning elevene får gjennom hele skoleløpet, har betydning for hvor gode resultater vi kan måle hos norske elever i fysikk i slutten av videregående skole i TIMSS Advanced. *Hvorfor elevene skal lære fysikk*, er det som danner basisen for utforminger og prioriteringer av *hva elevene skal lære i faget*, og for *hvordan* man best kan tilrettelegge undervisningen. Kapittel 4 *Et fysikkdidaktisk perspektiv* tar opp og drøfter dette. Innholdet i den norske fysikkplanen, og utviklingen av denne over tid, tas opp og drøftes i relasjon til rammeverket i TIMSS Advanced i kapittel 2. Et moment som framstår som sentralt i fysikk, både tidligere og

i dag, og som vi har vært innom gjentatte ganger i denne boka, er nødvendigheten av at elevene har tilstrekkelig med kunnskaper i matematikk, særlig algebra. Det er et viktig redskap for å kunne lære fysikk, og helt vesentlig å beherske når det gjelder fordypning i videregående skole. Dette tas opp og drøftes inngående i kapittel 5 i boka, mens delkapittel 12.5 har en kortere drøfting av dette.

Utviklingen av læreplanene i fysikk har vist tendenser i retning av å vektlegge metaperspektiver i større grad enn tidligere (jf. kapittel 2). Målene i faget blir noe mer generelle, noe som kan føre til at det legges mindre vekt på presise faglige kunnskapsmål i undervisningen. Det ser også ut til at undervisningsmetoder og arbeidsmåter framheves i større grad, mens det konkrete faglige innholdet nedtones. Dette er en utvikling som vi er skeptiske til. Basert på det fysikkdidaktiske perspektivet som tas opp og drøftes i kapittel 4, er det fagets legitimering av hvorfor elevene trenger å lære fysikk, og konkretiseringen av hva det betyr i klare faglige mål, som må legge grunnlaget for undervisningen. Metodene er viktige redskaper i innlæringen av det vi vet at elevene har behov for å lære, men de skal ikke være styrende. For mer om dette, se kapittel 4. Innholdet i skolefysikken har over tid beveget seg mot å legge mer vekt på faget som en menneskelig aktivitet:

I dette perspektivet kan intensjonene med skolefysikken formuleres ved at man bør bevege seg noe vekk fra en alt for vitenskapspreget undervisning til en presentasjon av fysikk som en menneskelig aktivitet, og der en ser fysikk som et redskap til å forstå verden vi lever i. (Angell, Kjærnsli & Lie, 1999, s. 112)

En slik endring kan ha sammenheng med at man ønsker å vektlegge mer det alle elever kan ha utbytte av å lære, et mer allmenndannende perspektiv. Det er viktig å vektlegge allmenndannende mål for hva elevene skal lære, både i grunnskolen og i videregående skole. Det er positivt at man har en skole som tar sikte på å gi alle elever et godt allmenndannende utgangspunkt for videre skolegang og yrker. Samtidig må man ta på alvor spørsmålet om hvordan man skal gi elever med talent og interesse for de såkalt harde realfagene det grunnlaget de trenger for videre skolegang og studier (jf. kapittel 2). Allmenndannende hensyn for alle og innhold som gir grunnlag for videre skolegang/studier for en del av elevene, må veies opp mot hverandre. De mest skoleinteresserte elevene som tar sikte på fordypning i fag som fysikk, har samme krav på tilpasset opplæring

som de elevene som sliter faglig (Grønmo, Jahr, Skogen & Wistedt, 2014a). Det er nødvendig å ta dette på alvor, ikke minst i utformingen av de nye læreplanene, og det gjelder både i grunnskolen og for videregående skole. Dette spørsmålet har også relevans for diskusjonen om man trenger flere måter å differensiere undervisningen på enn det man har i dag, noe som tas opp i delkapittel 12.6.

Ser vi på de norske resultatene på de frigitte oppgavene som er gjengitt i kapitlene 8, 9 og 10, finner vi noen fellestrekk. Resultatene på flere oppgaver peker mot at man i Norge ikke er flinke nok til å vedlikeholde tidligere kunnskap. Når elevene testes i det de nylig har lært, presterer de bedre enn der hvor innlæringen har vært på et tidligere trinn. Et tiltak for å bedre på dette kan være i større grad å repetere det elevene har lært på tidligere trinn, gjennom vektlegging i undervisningen og i ulike tester for den enkelte klasse/skole eller til sentralgitte eksamener. Vi ser for eksempel at på oppgaver som vektlegges i både Fysikk 1 og Fysikk 2 (se kapitlene 8, 9 og 10), er de norske prestasjonene relativt gode, det vil si at man ivaretar aspektet med å vedlikeholde kunnskapen over tid på en god måte.

I kapittel 2 så vi at det på noen områder i læreplanen har vært en endring mot mer vekt på det kvalitative, og mindre vekt på kvantitative beregninger. I noen oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 har dette antakelig bidratt til svakere resultater for Norge, mens vi i andre oppgaver ser tendenser til at vekten på det kvalitative kan ha bidratt til bedre forståelse hos elevene (se kapitlene 8, 9 og 10). Med andre ord: Det er ikke det at nye læreplaner generelt legger mer vekt på kvalitative aspekter som framstår som det store problemet, men mer hvordan dette implementeres i klasserommet. Vi ønsker å reise en debatt om dette. En mulig løsning kan være å knytte sammen det kvalitative og det kvantitative aspektet, slik at begge deler blir ivaretatt på en god måte.

I forbindelse med nye læreplaner settes det som oftest av ressurser til etter- og videreutdanning av lærere. Slike tilbud til lærere er det generell enighet om å gi og å bevilge ressurser til. Det er da viktig at lærerne får tilbud som går på faglig innhold for å holde seg oppdatert, og at ikke alle ressursene går til bruk av mer eller mindre nye metoder og hjelpemidler som IKT. For mer om dette, se delkapittel 12.2. Våre resultater i TIMSS Advanced peker på mange faglige utfordringer for hva elevene sliter med å tilegne seg faglig, ikke minst gir resultatene på mange enkeltoppgaver innspill som lærere kan ha nytte av i egen undervisning (se kapitlene 8, 9 og 10). På bakgrunn av den informasjonen

vi har om hva norske elever presterer godt og ikke så godt på, etterlyser vi flere kurs for lærere med *hovedvekt på faglig innhold*. Det vil kunne inspirere lærerne i deres arbeid, og på sikt bedre elevenes kompetanse.

12.4 Kjønnspromblematikk og realfag i skolen (like muligheter for begge kjønn - opptakskrav, karaktersetting)

Det er nødvendig å ta utfordringer med kjønnsforskjeller i skolen på alvor. Det gjelder sett fra jentenes perspektiv så vel som fra guttenes perspektiv. Som Stoltenberg-utvalget peker på, står vi antakelig overfor større utfordringer på dette området framover:

De viktigste konsekvensene av kjønnsforskjellene i utdanning ligger antagelig foran oss i tid, og er derfor usikre og utfordrende å beskrive. Det er likevel all grunn til å regne med at disse forskjellene vil ha stor betydning for enkelt-individer, og også for den videre utviklingen av det norske samfunnet. Kjønnforskjellene i utdanning er en samfunnsutfordring. (NOU, 2019, s. 12)

Fra guttenes perspektiv ser vi at det ofte framheves, ikke minst i media, at guttene er skolens tapere. Det formidles et bilde av at jentene har bedre karakterer enn guttene i alle fag unntatt gym, at guttene har større frafall i videregående skole, og at flere jenter kommer inn på studier med høye krav til karakterer for å bli tatt opp. Dette gir et forenklet bilde av virkeligheten. Det er flere faktorer som her spiller inn: 1) Ofte legger man nesten all vekt på resultater i grunnskolen, 2) resultater i språkfag vektlegges langt mer enn resultater i realfag, og 3) man tar ikke med i vurderingene betydningen av elevenes sosiale bakgrunn.

Svartmaling av gutter, og deres fremtid som menn, gir en overforenklet og misvisende forståelse av komplekse kjønnsrelasjoner i dagens samfunn. Det leder oppmerksomhet vekk fra de store variasjonene innenfor kjønns-kategoriene, og inviterer til at jenters og kvinners problemer overses. Resultatet kan være en form for utilsiktet tilsløring av det som er stadig mer utslagsgivende for ungdommers problemer og privilegier, samspillet mellom ulike former for sosial ulikhet. (Vogt, 2018)

At guttene kommer dårligere ut når det gjelder resultater ved slutten av ungdomsskolen, avspeiler problemet i norsk skole med at språkfag vektlegges langt mer enn realfag. Stoltenberg-utvalget kom med et forslag for å rette opp denne skjevheten. De pekte på at når det gjelder karakterer fra grunnskolen som teller for opptak til videregående skole, får elevene tre standpunkt-karakterer i norsk, to karakterer i engelsk og én karakter i valgt fremmedspråk, til sammen seks språkkarakterer. I realfagene får de én karakter i matematikk og én i naturfag, til sammen to realfaglige karakterer. For elever som kjemper om å komme inn på den skolen eller det studieprogrammet de ønsker på videregående skole, gir dette klare signaler til elevene om at det er gode karakterer i språkfag de bør satse på. På bakgrunn av dette har Stoltenberg-utvalget foreslått at alle karakterer vektes ut fra antall timer elevene har i faget, da det gir et mål for hvor mye de skal lære seg i hvert enkelt fag. Hvis man gjør dette, vil det styrke guttenes posisjon ved avsluttet grunnskole i konkurransen om å komme inn der de ønsker.

Vi ser klart behovet for å styrke realfagene i skolen, og for også å ta guttenes utfordringer i et kjønnsperspektiv på alvor. Samtidig vil vi legge til at et slikt tiltak også er viktig sett fra et jenteperspektiv. Norge er et av de landene som sliter mest med å tiltrekke seg jenter til fysikk og matematikk (jf. kapittel 3). Det er flere land som i større grad greier å trekke til seg jenter til disse fagene i både videregående skole og påfølgende studier enn det Norge gjør. Gjennom den måten man regner ut karakterene i norsk grunnskole på, gir man jentene et klart signal om at språk er viktigere i utdanningen enn realfag. Stoltenberg-utvalget peker også på at endring i vektleggingen av karakterer er et relativt enkelt grep som kan gjennomføres raskt, og som ikke koster noe. Det vil også kunne påvirke rekrutteringen til realfag, ikke minst rekrutteringen av flere jenter.

Sosial bakgrunn er også viktig i forbindelse med både rekruttering til og prestasjoner i realfag.

De gruppene som skiller seg særlig ut, er gutter av foreldre med kun grunnskole og jenter med foreldre med lang høyere utdanning. Disse gruppene bidrar åpenbart til å trekke de overordnede gjennomsnittstallene for hvert kjønn i hver sin retning. Den gjennomsnittlige kjønnsforskjellen i grunnskolepoeng kan altså ikke forklares ved å vise til at gutter er slik og jenter er slik – forklaringen ser ut til å ligge i samspillet mellom kjønn og sosial bakgrunn. (Vogt, 2018)

Tendenser til dette ser vi også i TIMSS Advanced (se kapittel 11). På tross av at klart flere gutter velger fordypning i disse fagene i videregående skole, har de høyere gjennomsnittskarakterer enn det jentene har. Når det gjelder påstanden om at jenter får bedre karakterer enn guttene i alle fag unntatt gym i grunnskolen, er det viktig å være klar over at det også er en forenklet framstilling. Det er riktig når det gjelder standpunkt karakterene som lærerne setter, men man finner ingen slike forskjeller i internasjonale komparative studier som TIMSS og PISA. Slik det ofte framstilles i media, kan man få inntrykk av at det er et gjennomgående bilde at jentene er bedre enn guttene i alt, noe som igjen kan ha en negativ innvirkning på guttenes selvbilde. Det blir på samme måten som man tidligere har argumentert med at jenter kan miste selvtiliten i realfag når det framheves at dette er et område hvor guttene er best. Konklusjoner som generaliseres og trekkes for langt, kan være uheldige for både jenter og gutter.

Det er ett område hvor jentene systematisk presterer bedre enn guttene, og det er lesing. At jenter generelt er bedre lesere enn gutter, er grundig dokumentert i internasjonale komparative studier, og det samsvarer med at jentene også i Norge gjør det bedre i norsk i skolen, både i standpunkt og til eksamen. Men det betyr ikke at man ikke også har gutter som er svært gode lesere; vi snakker alltid om en fordeling når vi undersøker en populasjon. Så selv om denne generelle konklusjonen stemmer, betyr ikke det at alle jenter er gode lesere, og alle gutter er svake lesere. Fra et skoleperspektiv blir ofte spørsmålet hva man kan gjøre for å stimulere guttene til å bli bedre lesere, og om noe av dette kan forstås på bakgrunn av lange tradisjoner i gruppen av jenter og gutter. Mye arbeid i skolen har nettopp dreid seg om å endre stereotype oppfatninger knyttet til kjønn.

Tar man med elevenes prestasjoner i realfagene i videregående skole, presterer guttene klart og signifikant bedre i både fysikk og matematikk enn det jentene gjør. Det gjelder for Norge som for mange andre land (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016b). Det tradisjonelle bildet av at gutter er mer interessert i harde realfag som fysikk og matematikk, mens jentene er mer interessert i språkfag, har fortsatt en viss gyldighet. Det er et problem at man i debatten i stor grad snakker om grunnskolen, og i liten grad tar med situasjonen i videregående skole. Som vi har pekt på flere ganger i boka, må man i dag inkludere videregående skole i elevenes grunnopplæring. Det var positivt at regjeringen tok initiativet til å få utarbeidet et realfagsbarometer (Utdanningsdirektoratet, 2019a), men ikke like positivt at barometeret bare

omhandler elevenes faglige resultater i realfag i grunnskolen. Problemene med sviktende rekruttering til realfagene, sammen med markant nedgang i faglige resultater, nevnes så vidt vi kan se, ikke her. Dette til tross for at vi har gode data tilbake til 1995 på dette.

Det synes å være en rimelig grad av enighet om at Norge trenger å styrke realfagene i skolen. Det er når det gjelder konkrete tiltak at problemene og uenighetene oppstår. Her må vi lære av leseløftet, slik vi nevnte i delkapittel 12.1. Uten den brede faglige og fagdidaktiske enigheten man hadde på området lesing, hadde man antakelig ikke greid å få til den positive utviklingen vi har sett i Norge. Vi håper at man nå bruker de erfaringene man da fikk, til å gjøre et tilsvarende løft for realfagene i skolen.

12.5 Fysikk og matematikk – samspillet er viktig

For at elevene skal lykkes i fysikk, er det en forutsetning at de har et tilstrekkelig grunnlag i matematikk. En av årsakene til nedgangen i fysikk ser ut til å være svakere kunnskaper knyttet til formelt matematisk språk, særlig algebra. Jamfør kapitlene 5 og 6. Elevene mangler med andre ord et viktig redskap for å kunne prestere godt i fysikk på det nivået vi her snakker om.

De fleste vil antakelig være enige i at det å beherske språket som brukes på det området man skal lære, utgjør en nødvendig basis for læringen. Skal man for eksempel lære samfunnsfag, er det viktig å beherske det norske språket for å kunne lese det som står i lærebøkene. Slik er det også i fysikk, elevene trenger også her en god basis i norsk språk. Men i tillegg må de ha en rimelig god basis i algebra, ganske enkelt fordi det er det matematiske språket som brukes i faget, både som redskap for innlæringen og for videre utvikling og forskning i faget. Den språklige siden av matematikk er ofte underkommunisert (Grønmo, 2018; Hole, Grønmo & Onstad, 2018). For å lære elevene algebra kunne man kanskje la seg inspirere noe av hvordan elever lærer andre språk som norsk og engelsk.

Et av de områdene der vi må kunne si at norsk skole har sviktet elevene, er nettopp når det gjelder å gi dem en elementær basis i algebra. Grunnlaget i algebra legges i grunnskolens mellomtrinn og ungdomstrinn. Problemet med svake algebrakunnskaper hos norske elever har blitt påpekt og problematisert gjentatte ganger i de vitenskapelige rapportene fra internasjonale komparative studier (Grønmo et al., 2004b; Grønmo et al., 2012b; Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016a). Også media har tatt opp og problematisert dette. Til tross for

det nedslående resultatet fra TIMSS 2011 målte man en fortsatt tilbakegang i algebra hos norske elever i den siste TIMSS-studien i 2015 (Bergem, 2016b). Dette i motsetning til et generelt bilde med litt framgang i matematikk fra 2011 til 2015 (ibid.).

Det er positivt at nye utkast til læreplaner for Fagfornyelsen i 2020 framhever algebra mye mer enn det foregående læreplaner har gjort. Men for å lykkes med å lære elevene algebra, trengs det flere grep enn det som står i læreplanen. Skal læreplanens mål om algebra kunne implementeres i undervisningen i klasserommet, må lærerne ha den nødvendige kompetansen på dette området. Den internasjonale studien av lærerutdanningene i Norge i 2008 viste at blant de som utdannet seg til å bli lærere i matematikk, var det mange som manglet elementære kunnskaper i algebra (Grønmo & Onstad, 2012a). Det er derfor nødvendig å sikre at alle som underviser i matematikk, i alle fall fra mellomtrinnet og oppover, har den nødvendige basisen i dette matematiske språket. Nødvendigheten av etter- og videreutdanning for lærere på områder som man vet elevene vil trenge framover, ble tatt opp og drøftet spesielt i delkapittel 12.2. Der ble det også understreket at det er behov for kurs med vekt på det faglige innholdet som elevene skal lære, og ikke bare kurs i ulike typer metoder, inklusiv bruk av digitale hjelpemidler.

Både i fysikk og matematikk ser det ut til at en del elever velger bort fagene fordi de opplever at de gjør feil eller er redde for å gjøre feil. At vi vektlegger det å lære elevene mer fysikk og matematikk, er ikke ensbetydende med å legge mer press på dem. Ganske enkelt fordi det ikke er den beste måten å lære på. På slutten av 1990-tallet ble det i regi av Utdanningsdirektoratet gjennomført et prosjekt med tittelen Kvalitet i matematikkundervisningen (KIM), som la vekt på at det å ta opp og diskutere de feil man gjør i matematikk, er et godt utgangspunkt for videre læring, ikke en måte å gi elevene følelsen av å mislykkes på (Brekke, 1995). Vi ser et behov for tiltak, særlig i fag som fysikk og matematikk, med mål om å ta bort stigmatiseringen av det å gjøre feil og å kommunisere at å gjøre feil er naturlig i all læring.

Som vi har sett fra analyser både i denne boka og i forskning vi har referert til, ser den norske tilbakegangen i fysikk i stor grad ut til å være knyttet til elevenes kunnskaper om å anvende matematikk i fysikkfaget. Dette viser seg i våre analyser av læreplanene, så vel som i analyser av hvilke oppgaver de norske elevene går tilbake på i TIMSS Advanced (jf. kapitlene 2, 8, 9 og 10). Det må gjøres tiltak som gir elever, foreldre og samfunn signaler om at elementære kunnskaper i matematikk, herunder algebra, er viktig for fysikkfaget.

12.6 Differensieringsproblematikk relatert til realfag i skolen

Problemer knyttet til å få til en god form for differensiering i skolen er noe man må ta på alvor. Det er kompliserte spørsmål, men for viktige til ikke å tas opp. Det holder ikke å prøve noe, og så raskt trekke en generell konklusjon om at det ikke virker. Utfordringen ligger der og må tas på alvor. Vi trenger bedre måter å differensiere undervisningen på enn det vi har i dag. Det gjelder ikke bare for fysikk og matematikk, selv om det er det vi konsentrerer oss om.

Vi har ikke forskningsresultater som kan gi gode svar på hvordan dette bør gjøres; her må det settes i gang både utprøving og forskning i en norsk kontekst, hvor man er langt mer åpne enn man hittil har vært for ulike måter å gjøre dette på. Målet må være å ivareta på en god måte både de som har spesiell interesse for og talent i et fag, de som er middels gode, og de som sliter faglig. Det holder ikke bare å gjenta at det er opp til den enkelte lærer å differensiere med hensyn på elever med ulike interesser og forutsetninger i sammenholdte klasser gjennom hele grunnskolen.

Grunnskolen i Norge legger *ikke* et godt nok grunnlag for høytpresterende elever i fag som matematikk og fysikk. Norske elevers prestasjoner er svakere i 2015 enn de var i 1995, målt i de internasjonale studiene. Olsen & Björnsson (2018) oppsummerer resultater i grunnskolen over 20 år, basert på data fra alle de internasjonale studiene Norge har deltatt i, ved å peke på at nedgangen som førte til det såkalte PISA-sjokket i 2003-studiene gjaldt alle elever, mens framgangen vi har målt etterpå, i hovedsak gjelder de svakeste elevene:

Helt overordnet er det altså slik at «nedgangstiden» er et allment fenomen, mens «oppgangstiden» først og fremst gjenspeiler et løft i bunnen av fordelingen. (ibid., s. 15).

Det samsvarer godt med de resultatene vi finner for fysikkelever i videregående skole: Det er særlig andelen elever med høy kompetanse i faget som har gått ned, nedgangen er mindre blant de med svakere kompetanse (jf. kapittel 7).

Det er rimelig å anta at svakere prestasjoner i grunnskolen påvirker elevenes valg av fag i videregående skole. Fag de blir stimulert i og synes er interessante gjennom grunnskolen og første året i videregående skole, legger grunnlaget for hva de velger videre. Dette kan også antas å være en medvirkende årsak til den nedgangen i prestasjoner som vi måler i fysikk i slutten av videregående skole;

de har svakere utgangspunkt for læring i faget etter grunnskolen enn det de hadde tidligere. Dette går ut over både guttene og jentene. Guttene, fordi mange ønsker seg inn på ulike utdanninger og yrker hvor de trenger basiskunnskaper i realfag, og jentene som tradisjonelt ikke har valgt disse fagene, og som nå får lite stimulans til å velge dem fordi de i liten grad opplever disse fagene som spennende sammenliknet med det andre de eksponeres for i skolen (jf. kapittel 12.4).

Både allmenndannende hensyn for alle elever og hensynet til hva de faglig sterke elevene trenger for videre studier, må vektlegges i undervisningen i grunnskole og videregående skole. De faglig sterke elevene har også rett på tilrettelagt undervisning etter læreplaner og lovverk, men dette ser ut til å ha blitt mangelfullt implementert i skolen (Grønmo, 2014b). Dette er noe av bakgrunnen for at vi etterlyser utprøvinger og forskning på bedre måter å differensiere undervisningen i skolen på. Vi har i Norge sett en utvikling mot at noen flere elever velger private ungdomsskoler og videregående skoler. Hvis den offentlige skolen ikke tar utfordringen med å gi gode læringsmuligheter med tilpasset opplæring også for de faglig sterke elevene, vil vi kunne få en utvikling hvor elever med en sterk sosioøkonomisk hjemmebakgrunn i større grad vil prioritere private skoler. Problemet er ikke at vi har noen privatskoler. Det kan være behov for å ha noe variasjon i typer skoler også hos oss, ikke minst skoler med vekt på ulike temaer som idrett, realfag eller språk, offentlige eller private. Samtidig ser vi det som positivt at de fleste elever i Norge går sammen i en offentlig skole, uavhengig av hjemmebakgrunn. Den store sosiale mobiliteten vi har, større enn i mange land, kan antas å ha sammenheng med at de fleste elevene går sammen, og har like rettigheter til videre utdanninger.

Det er derfor mange grunner til at vi peker på behovet for utprøving av og forskning på ulike måter å differensiere undervisningen på, hvor man også tar på alvor hvordan man legger til rette undervisningen for de faglig sterke elevene.

12.7 Norske tradisjoner - for fag og for samarbeid

Alle land og kulturer har noen positive trekk og noen trekk som ikke er så positive. Hva som er positivt og ikke, kan også variere over tid, avhengig av det samfunnet man lever i. Norge har, sammenliknet med mange andre land, relativt svak kultur for at det er viktig å lære elevene fag som matematikk og fysikk, i alle fall de mer akademiske delene av disse fagene. Analyser av data fra jevnlig studier på ulike nivåer i skolen over 20 år viser dette (Grønmo et al., 2004b; Grønmo, Hole & Onstad, 2016; Martin, Mullis, Foy & Hooper, 2016b; Mullis et al., 2016a, 2016b). Norge, som andre nordiske land, legger relativt lite vekt på å lære elevene det matematiske språket algebra, sammenliknet med land i for eksempel Øst-Asia og Øst-Europa (Grønmo, 2018; Grønmo, Kjærnsli & Lie, 2004a; Hole et al., 2018). Samtidig vet vi at realfaglig kunnskap kan antas å bli viktigere framover for å løse mange av de problemene vi står overfor når det gjelder miljø, teknologi, helse og økonomi. Å gi elevene denne typen kunnskap er da viktig både for den enkelte med hensyn til utdanning og jobb, og for samfunnet som trenger kompetente personer på disse områdene.

På den annen side framstår Norge som et land som har en relativt sterk kultur for språk generelt, det gjelder både eget språk og fremmedspråk. Det er når det gjelder formelt matematisk språk, og i skolen da særlig algebra, at vi har et problem som vi må ta tak i og gjøre en bedre jobb med. Jamfør analysene tilknyttet LC-rammeverket i kapittel 5. Norge har en sterk og positiv kultur for politisk og annen type samarbeid på tvers av skillelinjer i samfunnet. Oppbyggingen av Norge etter krigen, med bred enighet om å gi alle borgere fri tilgang til utdanning og helsetjenester, er kanskje det viktigste som har skjedd i nyere tid i landet vårt. Norge har en tradisjon for konsensuspolitikk med mange politiske avtaler om viktige ting i samfunnet på tvers av politiske skillelinjer (Buck, 2011; Lie, 2019). Et annet eksempel er trepartssamarbeidet mellom arbeidstakerorganisasjoner, arbeidsgiverorganisasjoner og staten/kommunene. Samarbeidet, som man har lange tradisjoner for i Norge, betyr ikke at man ikke har ulike syn som kan stå steilt mot hverandre. Det bygger også på at man har sterke organisasjoner hos alle parter, med ulike syn og interesser som de kjemper for, samtidig som man prøver å finne kompromisser alle kan leve med, kompromisser for å få til en god utvikling i samfunnet (Finansforbundet, 2019).

Få andre land kan vise til en så sterk tradisjonen for samarbeid som Norge,

noe som kanskje er litt av grunnen til at Norge er et av verdens beste land å leve i.

I delkapittel 12.1 pekte vi på at det er viktig å lære av det samarbeidet vi har hatt for å bedre norske elevers lesekunnskaper, og at vi kan lære av det når det gjelder å få norske elever til å lykkes også i realfag. Samarbeid som involverer alle parter – foreldre, lærere, skolemyndigheter og politikere – er en viktig basis for arbeidet, som det var det for leseløftet. Kapittel 11 pekte på at både lærere og elever i fysikk i Norge rapporterte høy grad av tilfredshet med egen situasjon på skolen. Det samme var tilfellet i TIMSS Advanced 2015 matematikk (se Grønmo et al., 2016). Dette er et godt utgangspunkt for å få til et realfagsløft. Det ser også ut til å være en relativt stor generell enighet i Norge om at vi trenger å bedre elevenes kunnskaper i realfag; særlig gjelder det å gi dem grunnleggende kunnskaper i algebra og fysikk. De nye forslagene til læreplaner avspeiler dette, se delkapittel 12.3. Men skal dette implementeres og gjennomføres på en god måte i klasserommet, forutsetter det ressurser til å gi lærerne den etter- og/eller videreutdanningen de trenger. Behovet for denne typen kunnskap er blitt viktigere den senere tiden, med økte krav til lærerne på disse områdene. Dette tas opp og drøftes i delkapittel 12.2.

Vi kan lykkes i realfag hvis vi henter ut de beste sidene av norsk tradisjon, felles løft og samarbeid til det beste for alle i samfunnet. Vi har lykkes ganske godt med det i lesing, nå er tiden inne for et tilsvarende løft for realfagene.

Rammeverk og metoder

Torgeir Onstad

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Dette kapitlet gir en kortfattet beskrivelse av bakgrunnen for TIMSS Advanced og en gjennomgang av hvordan studien ble planlagt og gjennomført. Framstillingen bygger på kapittel 13 i den norske matematikkrapporten fra TIMSS Advanced 2008 (Onstad, 2010a), kapittel 7 i den norske rapporten fra TIMSS Advanced 2015 (Onstad & Grønmo, 2016) og kapittel 14 i boka *Prioritering og progresjon i skolematematikken* (Onstad & Grønmo, 2017).

13.1 Hva er TIMSS Advanced?

13.1.1 Historikk

TIMSS er en forkortelse for *Trends in International Mathematics and Science Study*. Det er først og fremst en stor internasjonal undersøkelse av matematikk og naturfag i grunnskolen. TIMSS beskriver og sammenlikner elevprestasjoner i disse fagene, så vel nasjonalt som internasjonalt, og søker å belyse og forstå forskjeller i prestasjoner ut fra andre data i undersøkelsen. Slik kan man si noe om hvilke faktorer som fremmer læring, og hvilke som hemmer læring. Etter noen slike studier i grunnskolen på 1960-, 1970- og 1980-tallet utvidet man i 1995 omfanget til også å gjelde elever i videregående skole. Da definerte man følgende tre populasjoner på øverste trinn i videregående skole:

- *Generalistene*

Denne populasjonen besto av alle elever i samtlige studieretninger på øverste trinn i videregående skole. Disse elevene ble testet i allmenne matematikk- og naturfagkunnskaper.

- *Fysikkspesialistene*
Denne populasjonen besto av de elevene som tok høyeste spesialisering i fysikk; i Norge betydde det den gangen elevene på kurset 3FY.
- *Matematikkspesialistene*
Denne populasjonen besto av de elevene som tok høyeste spesialisering i matematikk (på engelsk *advanced mathematics*); i Norge betydde det den gangen elevene på kurset 3MX.

Etter 1995 har TIMSS-undersøkelser i grunnskolen blitt gjennomført regelmessig hvert fjerde år, senest i 2019. *TIMSS Advanced* er en videreføring av undersøkelsene av fysikk- og matematikkspesialistene i videregående skole og har etter 1995 blitt gjennomført i 2008 og 2015.

Norge har deltatt i nesten samtlige TIMSS- og TIMSS Advanced-studier. I 1995 deltok vi imidlertid bare i de to første av de tre populasjonene på videregående nivå, altså generalistene og fysikkspesialistene. Myndighetene ønsket likevel en undersøkelse også av matematikkspesialistene, og i 1998 gjennomførte man den samme matematikkstudien i Norge som hadde vært gjennomført internasjonalt i 1995. Det ble utgitt en samlet norsk rapport for disse tre undersøkelsene (Angell, Kjærnsli & Lie, 1999).

Det at Norge gjennomførte matematikkundersøkelsen i etterkant av den internasjonale studien, hadde visse konsekvenser. De norske resultatene kom ikke med i den internasjonale databasen. De var ikke med i grunnlaget for den standardiserte skalaen og beregningen av det internasjonale skalerte gjennomsnittet. Det betyr at det er noe større usikkerhet forbundet med norske matematikkdata fra 1998 enn det ville ha vært dersom Norge hadde deltatt i 1995. I fysikk deltok vi imidlertid på ordinær måte i 1995, var med i grunnlaget for den standardiserte skalaen og beregningen av det internasjonale skalerte gjennomsnittet, og vi ble rapportert internasjonalt.

Oppslutningen om TIMSS Advanced har vært betydelig lavere enn det vi er vant til i TIMSS. Tabell 13.1 viser de landene som deltok i henholdsvis 1995, 2008 og 2015.

Tabell 13.1 Deltakerland i TIMSS Advanced i 1995, 2008 og 2015. Land som har deltatt flere ganger, er gulfarget.

Land	Deltok i 1995	Deltok i 2008	Deltok i 2015
Armenia		X	
Australia	(x)		
Canada	X		
Danmark	(x)		
Filippinene		M	
Frankrike	X		X
Hellas	X		
Iran		X	
Israel	(x)		
Italia	M	X	X
Kypros	X		
Latvia	F		
Libanon		X	X
Litauen	M		
Nederland		X	
Norge	Fm	X	X
Portugal			X
Russland	X	X	X
Slovenia	(x)	X	X
Sveits	X		
Sverige	X	X	X
Tsjekkia	X		
Tyskland	X		
USA	(x)		X
Østerrike	(x)		

X: Deltok på ordinær måte i begge fag

(x): Deltok, men med for små utvalg

M: Deltok bare i matematikk

F: Deltok bare i fysikk

Fm: Deltok ordinært i fysikk, men avholdt matematikkstudien i 1998

Totalt har altså 25 land deltatt minst én gang i TIMSS Advanced. Av de ni landene som deltok i 2015, har åtte deltatt én eller to ganger før.

13.1.2 Organisering

Det overordnede ansvaret for utviklingen og gjennomføringen av alle TIMSS-studiene, deriblant TIMSS Advanced, ligger hos den internasjonale organisasjonen IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*). IEA er et internasjonalt nettverk for utdanningsforskning som ble etablert i 1959. Det internasjonale prosjektsenteret er lagt til Boston College i USA. Ansvar knyttet til statistisk design og databehandling er delegert til Data Processing and Research Center i Hamburg og Statistics Canada i Ottawa.

I Norge er det Utdanningsdirektoratet som på vegne av Kunnskapsdepartementet har ansvaret for norsk deltakelse og bevilgning av midler. Ansvaret for gjennomføringen av og rapporteringen fra studiene er delegert til Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS) ved Universitetet i Oslo. Prosjektet har der vært organisert med en prosjektleder og en prosjektgruppe som har arbeidet med TIMSS Advanced i flere år. Det er en tilsvarende prosjektgruppe på ILS for TIMSS-undersøkelsene i grunnskolen. Disse prosjektgruppene er tilknyttet EKVA (Enhet for kvantitative utdanningsanalyser) ved ILS.

Den norske prosjektgruppen for TIMSS Advanced har samarbeidet med prosjektsenteret i Boston, IEAs sekretariat i Amsterdam, Data Processing and Research Center i Hamburg, Statistics Canada, og med de nasjonale prosjektgruppene i noen av de andre deltakerlandene. Den norske prosjektgruppen har hatt to medlemmer i SMIRC (*Science and Mathematics Item Review Committee* – en internasjonal gruppe oppnevnt av prosjektsenteret i Boston), som har hatt et overordnet ansvar for oppgavene som er blitt brukt i de faglige testene. Disse to medlemmene har også sittet i et mindre arbeidsutvalg (*Task Force*) for SMIRC.

Informasjon om ulike hovedaktører finnes på følgende nettsider:

- IEA: <http://www.iea.nl/>
- Prosjektsenteret i Boston: <https://timssandpirls.bc.edu/>
- ILS: <https://www.uv.uio.no/ils/>
- TIMSS Advanced og TIMSS i Norge: <https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekt-sider/timss-norge/>

13.1.3 Populasjoner

Når det gjelder hvilke populasjoner som blir undersøkt, er det viktige forskjeller mellom TIMSS i grunnskolen og TIMSS Advanced i videregående skole. I grunnskolen undersøker TIMSS et representativt utvalg av *hele årskullet* på 4. trinn og på 8. trinn (5. og 9. trinn i Norge fra 2015). TIMSS Advanced undersøker betraktelig snevrere grupper, nemlig de elevene på øverste trinn i videregående skole som har valgt det eller de kurs som vedkommende land har definert som avansert matematikk eller fysikk. I Norge i 2015 gjaldt det kursene Matematikk R2 og Fysikk 2. Elever som tok begge disse kursene, tilhørte begge populasjonene.

Læreplaner er forskjellige fra land til land. Man skal ikke lære nøyaktig det samme på samme trinn i alle land. Når det gjelder matematikkplanene for barnetrinnet, er likevel likhetene langt mer slående enn ulikhetene. Det er påfallende samstemmighet i de fleste land om det faglige innholdet i matematikken i barneskolen og ganske stor enighet om innholdet i naturfag. Forskjellene blir litt større når vi kommer til ungdomstrinnet, men fortsatt er det stor grad av samsvar. I videregående utdanning øker variasjonene. Det gjelder for eksempel hvor mye matematikk og fysikk som er obligatorisk, hvilke kurs som tilbys, hvilket faglig innhold disse kursene har, hvilke fagkombinasjoner kursene eventuelt inngår i, og hvilke kurs som kreves for ulike typer høyere utdanning.

Det er bare elevene som tar de kursene som er definert som avansert fysikk i det enkelte land, som utgjør landets fysikkpopulasjon i TIMSS Advanced. Tabell 13.2 viser hvor stor prosentandel denne populasjonen er av hele årskullet i hvert deltakerland. Det dreier seg altså ikke om andelen av skoleelevene, men om *andelen av hele det aktuelle årskullet* i befolkningen. Denne prosentatsen kalles *dekningsgraden (coverage index)* for hvert land. Til sammenlikning har vi tatt med dekningsgraden i matematikk.

Det er store variasjoner i dekningsgrad i matematikk, fra under 4 % til godt over 30 %. I fysikk er det også betydelig variasjon, men ikke like stor. Høyest dekningsgrad i fysikk har Frankrike med vel 20 %. Libanon har lavest dekningsgrad i begge fag; dette avspeiler trolig landets mangel på ressurser til videregående utdanning. Libanon, Sverige og Frankrike har omtrent samme dekningsgrad i begge fag, mens andre land har stor forskjell, særlig Slovenia og Portugal. Norge ligger midt på skalaen i fysikk, men har den tredje laveste dekningsgraden i matematikk.

Tabell 13.2 Dekningsgrad: fysikk- og matematikkpopulasjonene i TIMSS Advanced i prosent av hele årskullet.

Land	Dekningsgrad i fysikk	Dekningsgrad i matematikk
Libanon	3,9	3,9
USA	4,8	11,4
Russland	4,9	10,1
Portugal	5,1	28,5
Norge	6,5	10,9
Slovenia	7,6	34,4
Sverige	14,3	14,1
Italia	18,2	24,5
Frankrike	21,5	21,5

Hvis vi vil sammenlikne prestasjonene i fysikk for flere land i TIMSS Advanced, er det viktig å ha dekningsgraden i mente.

13.1.4 Analysenivåer

I TIMSS Advanced og TIMSS analyseres data på tre nivåer:

Systemnivå — intendert læreplan

Dette nivået gjelder utdanningssystemet slik det legges til rette av nasjonale og regionale myndigheter i et land. Det dreier seg om organisering av skoletilbudet, rammefaktorer, ressurstilgang og elevenes muligheter til skole- og fagvalg. Ikke minst dreier det seg om læreplaner og vurderingsformer. Det er slike faktorer som forteller hva slags utdanningstilbud samfunnet og myndighetene ønsker og planlegger at elevene skal få. Opplysninger på dette nivået er primært hentet inn fra de nasjonale prosjektlederne i de enkelte deltakerlandene.

Det er utgitt en ensyklopedi med beskrivelser av skolesystemene i alle deltakerlandene i TIMSS 2015 (Mullis, Martin, Goh & Cotter, 2016c). Samtlige deltakerland i TIMSS Advanced 2015 er med der. Selv om hovedvekten i ensyklopedien er på grunnskolen (*primary education* og *lower secondary education*), kan den gi en viss støtte for å forstå ulikheter mellom landene på

systemnivået. Dessuten inneholder den internasjonale rapporten for TIMSS Advanced 2015 (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016b) ytterligere opplysninger om skolesystemene i deltakerlandene, med særlig vekt på videregående opplæring.

Klasseromsnivå — implementert læreplan

Dette nivået handler om hva som skjer i klasserommet, om undervisningen og læringsmiljøet. Hvordan blir intensjonene fra systemnivået omsatt i praksis? Hvordan blir den intenderte læreplanen iverksatt i skolen?

Både elevene, lærerne deres (i det faget elevene ble testet i) og skolelederne deres har svart på spørreskjemaer om situasjonen på skolen. Elevene ble blant annet spurt om hjemmebakgrunn, utdanningsplaner, trivsel på skolen, tidsbruk på skolearbeid og på arbeid utenom skolen, og om undervisningsmetoder i matematikk og fysikk. Lærerne ble blant annet spurt om alder, utdanning, erfaring som lærer, etter- og videreutdanning, faglige emner som det er undervist i, undervisningsmetoder, bruk av digitale verktøy, bruk og oppfølging av lekser, lærersamarbeid, trygghet og trivsel i jobben, og om eventuelle problemer i arbeidssituasjonen. Skolelederne ble blant annet spurt om utdanning og ledererfaring, skolens ressurser og begrensninger, elevenes bakgrunn, skolens vektlegging av matematikk og fysikk, eventuelle problemer med å rekruttere kvalifiserte lærere, og generelt om skolens miljø.

Elevnivå — resultert læreplan

Det siste nivået handler om hva som er oppnådd. Hvilke kunnskaper har disse elevene i matematikk og fysikk, og hvilke holdninger har de til fagene? Elevenes prestasjoner på den faglige testen ga informasjon om faglige kunnskaper og ferdigheter, mens elevspørreskjemaet ga informasjon om holdninger til fag og læring.

Med data på alle disse nivåene kan man beskrive og analysere situasjonen på en rekke måter. Vi kan studere forandringer i forhold til den forrige TIMSS Advanced-undersøkelsen. Vi kan sammenlikne elevprestasjoner i ulike land og prestasjonene til jenter og gutter. Vi kan også analysere om det synes å være sammenheng mellom prestasjonene og noen av bakgrunnsvariablene, som for eksempel undervisningsmetoder, leksearbeid, lærernes utdanning eller elevenes hjemmebakgrunn.

13.2 Rammeverk og instrumenter

TIMSS Advanced baserer seg på et rammeverk som definerer hvilke kunnskaper og ferdigheter elevene skal testes i. Rammeverket er utviklet gjennom en drøftingsprosess mellom deltakerlandene som leder fram mot konsensus om hva som utgjør sentrale kunnskaper og ferdigheter i faget sett i forhold til de respektive landenes læreplaner. Det foregår en viss justering foran hver undersøkelse, noe som er naturlig ettersom skolesystemer utvikler seg og læreplaner revideres. Men det er samtidig et poeng å holde rammeverket relativt stabilt for å gi et solid fundament for pålitelige sammenlikninger over tid.

13.2.1 Rammeverk

Rammeverket for TIMSS Advanced 2015 (Mullis & Martin, 2014) bygger på rammeverket for TIMSS Advanced 2008 (Garden et al., 2006). Det er et mål at rammeverket skal ligge så tett som mulig opp til de aktuelle læreplanene i deltakerlandene. Det er selvsagt umulig å få dette til fullt ut; til det er læreplanene for ulike, spesielt når man kommer til de høyere trinnene i skoleverket. Derfor blir målet i stedet at ikke noe land skal oppleve at det blir et urimelig stort avvik fra deres læreplan. Alle skal helst kunne si at testen *i hovedsak* faller inn under deres læreplan. Samtidig aksepterer vi at noen av oppgavene ikke passer godt i vårt land, og at noen deler av vår læreplan ikke dekkes av testen. For å oppnå dette er det viktig at alle deltakerlandene gis anledning til å påvirke prosessen med utvikling av rammeverket, slik at man oppnår konsensus om det.

Rammeverket definerer de faglige innholdskategoriene som testoppgavene skal hentes fra. Disse kategoriene kalles *fagområder*, og hvert fagområde er oppdelt i noen *delområder*. Samtidig oppgis det hvor stor andel av oppgavene som bør høre inn under hvert fagområde.

I tillegg inneholder rammeverket en beskrivelse av *kognitive kategorier*. Det er et mål at oppgavene skal stille ulike kognitive krav til elevene. Derfor angir rammeverket også hvor stor andel av oppgavene som bør ligge i hver av de kognitive kategoriene.

Fagområder i fysikk

Fagområdeneene i fysikk med anbefalt og faktisk fordeling av oppgavene er vist i tabell 13.3.

Tabell 13.3 Fordeling av fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 i fagområder.

Fagområde	Anbefalt prosentandel av oppgavene	Faktisk prosentandel av oppgavene
Mekanikk og termodynamikk	40 %	41 %
Elektrisitet og magnetisme	25 %	26 %
Bølger og atom-/kjernefysikk	35 %	33 %

Fagområdene er justert siden studien i 2008. Den gangen var inndelingen som vist i tabell 13.4.

Tabell 13.4 Fordeling av fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2008 i fagområder.

Fagområde	Anbefalt prosentandel av oppgavene
Mekanikk	30 %
Elektrisitet og magnetisme	30 %
Varme og temperatur	20 %
Atom- og kjernefysikk	20 %

Vi ser at antall områder har blitt redusert fra fire til tre. Dermed får hvert område flere oppgaver, og dette gir mer robuste mål for landenes prestasjoner innenfor de enkelte fagområdene. Revisjonen har også tatt hensyn til utviklinger i deltakerlandenes læreplaner i fysikk.

Tabell 13.5 viser hvilke delområder som inngår i hvert av fagområdene.

Tabell 13.5 Delområder i fagområdene i fysikk i TIMSS Advanced 2015.

Fagområde	Delområder
Mekanikk og termodynamikk	Krefter og bevegelse Bevaringslovene Varme og temperatur
Elektrisitet og magnetisme	Elektrisitet og elektriske kretser Magnetisme og elektromagnetisk induksjon
Bølger og atom-/kjernefysikk	Bølgefenomener Atom- og kjernefysikk

Flere detaljer finnes i rammeverket (Mullis & Martin, 2014).

Kognitive kategorier i fysikk

TIMSS Advanced 2015 brukte de samme kognitive kategoriene og den samme anbefalte fordelingen av oppgaver som i 2008. Tabell 13.6 viser disse, samt den faktiske oppgavefordelingen i 2015.

Tabell 13.6 Fordeling av fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 i kognitive kategorier.

Kognitiv kategori	Anbefalt prosentandel av oppgavene	Faktisk prosentandel av oppgavene
Kunne	30 %	27 %
Anvende	40 %	44 %
Resonnere	30 %	29 %

Å *kunne* betyr blant annet å huske fakta, fenomener og begreper; kjenne riktig bruk av apparater og framgangsmåter; gjenkjenne og bruke vitenskapelig vokabular, symboler og enheter; beskrive materialer, strukturer, fenomener og prosesser; bruke eksempler til å klargjøre fakta og begreper. Å *anvende* betyr blant annet å bruke modeller til å illustrere begreper, prinsipper, prosesser og systemer; bruke kunnskap om fysiske begreper og prinsipper til å tolke informasjon i tekst, tabeller og diagrammer; bruke en fysisk relasjon, likning eller formel til å finne en kvalitativ eller kvantitativ løsning; forklare en observasjon eller et fenomen ved bruk av et fysikkbegrep, en fysisk lov eller en teori. Å *resonnere* betyr blant annet å analysere fysiske problemer; anvende matematiske begreper i fysikk; formulere forskningsspørsmål og planlegge systematisk utforskning av dem;

formulere og teste hypoteser; vurdere resultatene av utforsking og alternative forklaringer av et fenomen; trekke gyldige konklusjoner; generalisere resultater; bruke empiri og fysikkforståelse til å argumentere for en forklaring. Flere detaljer finnes i rammeverket (Mullis & Martin, 2014).

Det er vanskeligere å oppnå internasjonal enighet om den kognitive kategoriseringen enn den innholdsmessige. En oppgave som er klart rutinepreget i ett land – ut fra deres læreplan og undervisningstradisjoner – kan vurderes som en krevende problemløsningsoppgave med utfordrende krav til resonnement i et annet land. Av den grunn har vi i denne boka valgt å legge liten vekt på å analysere resultatene i TIMSS Advanced basert på den internasjonale kategoriseringen av oppgavens kognitive nivå.

Digitale hjelpemidler

IEA legger vekt på at elevene skal kunne møte testen med samme rammebetingelser som de er vant til fra prøver og eksamener i egen skolegang. På basis av dette har det fra den første studien i 1995 vært tillatt å bruke kalkulator i TIMSS Advanced i både matematikk og fysikk. Det har også vært tillatt med kalkulator på ungdomstrinnet i TIMSS, men aldri på barnetrinnet. Spørsmålet om å tillate bruk av elektroniske hjelpemidler som kalkulator har hele tiden vært et diskusjonstema.

Den norske prosjektgruppen har deltatt aktivt i disse diskusjonene. Vi har blant annet pekt på den enorme teknologiske utviklingen på dette området fra 1995, først til 2008 og siden til 2015. Allerede i 2008 kunne kalkulatorer som var i vanlig bruk i undervisningen i en del land, knapt sammenliknes med de som var tilgjengelige i 1995. Rammeverket for TIMSS Advanced 2008 erkjente denne problematikken: «it is noted that there have been tremendous changes in calculator technology since 1995» (Garden et al., 2006). Den teknologiske utviklingen fortsetter, og i Norge i dag er det mange elever som ikke lenger har kalkulator, men som bruker programvare på en bærbar datamaskin.

Bruk av hjelpemidler på tester reiser mange spørsmål, både av teknologisk og av pedagogisk art. I noen land har det vært liten bruk av kalkulator, enten på grunn av manglende ressurser eller begrunnet med et pedagogisk syn. Flere av de norske rapportene fra TIMSS og TIMSS Advanced har sammenliknet bruken av kalkulator i ulike land (Grønmo, 2010b; Onstad, 2010b; Pedersen, 2010; Grønmo & Hole, 2017). Et typisk trekk var at norske elever var gode til å bruke kalkulatoren i oppgavetyper som de umiddelbart gjenkjente. Derimot

var evnen til kreativ kalkulatorbruk påfallende lav, selv i relativt enkle oppgaver. Dette ble ytterligere beskrevet og analysert i en masteroppgave (Sandstad, 2012). Det har flere ganger blitt påpekt at Norge, som ligger høyt i bruk av kalkulator, ofte presterer svakere enn land med relativt liten bruk av kalkulator. Norge er et rikt land og ligger oftest i forkant når det gjelder å ta i bruk ny teknologi. Vi etterlyser derfor en grundigere diskusjon i Norge av hvordan man skal bruke teknologiske hjelpemidler på en best mulig måte med sikte på å styrke den faglige læringen hos elevene. Det er ingenting i våre tidligere analyser som understøtter at mest mulig bruk er det beste.

I utviklingen av matematikktesten til TIMSS Advanced 2015 ble det forsøkt å lage mange «kalkulatornøytrale» oppgaver, det vil si oppgaver der digitale hjelpemidler ikke ville være avgjørende for hvor godt elevene presterte.

Det planlegges nå en overgang til tester i TIMSS og TIMSS Advanced på digitale plattformer. I TIMSS for 4. og 8. trinn ble dette innført allerede i 2019. Bruken av eventuelle hjelpemidler i oppgaveløsingen vil da kunne styres på en helt annen måte enn hittil. Det samme kan man anta vil være tilfellet for senere TIMSS Advanced-studier.

13.2.2 TIMSS Advanced og deltakerlandenes læreplaner

Et av målene med rammeverket for TIMSS Advanced er – som nevnt i det foregående – å sikre at elevene i ethvert deltakerland blir testet i oppgaver som i hovedsak faller innenfor landets læreplan. På grunn av de mange ulikhetene mellom landene vil det alltid være noen oppgaver som ikke passer i enkelte land, men litt upresist kan man formulere det som et mål at testen skal være omtrent like «rettferdig» eller «urettferdig» i alle land.

Det fysikkfaglige innholdet i TIMSS Advanced er sammenliknet med de enkelte lands læreplaner på tre måter. For det første er innholdsbeskrivelsen i rammeverket holdt opp mot læreplanen (den intenderte). Som vi har beskrevet i delkapittel 13.2.1, er hvert fagområde definert ved beskrivelse av en del faglige delområder. Hvert delområde er sammenliknet med læreplanen. Men siden det bare er 7 delområder totalt i fysikk, vil hvert delområde omfatte flere enkelttemaer, og det kan derfor være vanskelig å avgjøre om et område i hovedsak faller inn under landets læreplan eller ikke. For det andre har lærerne blitt spurt om hvilke temaer de har undervist sine klasser i. Det gir oss informasjon om rammeverkets forhold til den implementerte læreplanen.

Tabell 13.7 Prosent av elevene som ifølge lærerne har blitt undervist i temaene i rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced 2015 (gjennomsnittsverdier for samtlige temaer og for temaene i hvert fagområde).

Land*	Alle temaene (22 temaer)	Mekanikk og termodynamikk (9 temaer)	Elektrisitet og magnetisme (6 temaer)	Bølger og atom-/kjernefysikk (7 temaer)
Frankrike	77	80	52	94
Italia	84	99	97	55
Libanon	87	78	94	92
Norge	92	90	94	92
Portugal	87	92	80	86
Slovenia	98	100	98	95
Sverige	89	97	93	76
USA	68	83	59	56

* Data for Russland var ikke tilgjengelige. USA har bare data for mellom 50 % og 70 % av elevene.

Tabell 13.7 viser hvor stor andel av elevene som var blitt undervist i temaene i rammeverket før de tok testen. Dette oppgis i gjennomsnitt for testen som helhet og for hvert fagområde.

Undervisningsdekningen er gjennomgående dårligere i fysikk enn i matematikk (Onstad & Grønmo, 2017). Det tyder på at læreplanene i fysikk varierer mer mellom landene enn læreplanene i matematikk. I fysikk ligger Slovenia og Norge på topp med over 90 %. USA ligger klart lavest med under 70 % undervisningsdekning. Ser vi på fagområdene, ligger Frankrike og USA lavest i elektrisitet og magnetisme, og Italia og USA i bølger og atom-/kjernefysikk.

Merk at tabell 13.7 antyder hvor godt rammeverket til TIMSS Advanced passer til et lands læreplan. Den viser derimot ikke det omvendte, nemlig hvor godt landets læreplan passer til rammeverket. Det vil si at dersom et faglig tema i rammeverket ikke er med i et lands læreplan, fanges det opp i tabellen. Men hvis det er temaer i landets læreplan som ikke er med i rammeverket, vises det ikke.

I tillegg til disse sammenlikningene er hver enkelt testoppgave i TIMSS Advanced 2015 vurdert opp mot læreplanen i det enkelte land. Slik er det registrert hvilke av oppgavene i testen som er dekket av læreplanen, og hvilke som må sies å ligge utenfor.

Tabell 13.8 Samsvar mellom fysikkoppgavene i TIMSS Advanced 2015 og landenes læreplaner. Prosent riktig på hele testen og på den delen av testen som faller innenfor det enkelte lands læreplan.

Land	Antall poeng* innenfor læreplanen (av 115 poeng totalt)	Gjennomsnittlig prosent riktig på hele testen	Gjennomsnittlig prosent riktig på «egen del» av testen
Frankrike	92	31	32
Libanon	93	35	36
Portugal	94	42	44
Russland	104	50	51
Sverige	107	42	42
Norge	107	49	51
USA	111	39	39
Italia	115	32	32
Slovenia	115	52	52

* De aller fleste oppgavene i testen har ett oppnåelig poeng, mens noen få oppgaver har to poeng. Derfor er totalt antall oppnåelige poeng litt større enn antall oppgaver.

Tabell 13.8 viser sammenhengen mellom oppgavene og læreplanene, og hvilke utslag dette har gitt for prestasjonene.

Vi ser at Slovenia og Italia har alle de 115 testpoengene innenfor sine læreplaner, Norge og Sverige har 107 poeng innenfor, mens Portugal, Libanon og Frankrike ligger lavt på 90-tallet.

Den midterste tallkolonnen viser hvor mange prosent av de 115 poengene elevene i hvert land skåret i gjennomsnitt. Best er Slovenia, der elevene i gjennomsnitt greide 52 % av oppgavene. Like etter følger Russland med 50 % og Norge med 49 %. Sist kommer Frankrike, Italia og Libanon med resultater fra 31 % til 35 %. Det kan virke lite med 52 % korrekt på topp. Da må vi huske at dette er gjennomsnittet for alle elevene; de beste har selvsagt skåret langt høyere.

Dersom man likevel føler at dette må ha vært en vanskelig test, er det viktig å være klar over at det kompenseres for vanskelighetsgrad når testresultatene innpasses på den internasjonale trendskalaen med midtpunkt 500. (Mer om dette i delkapittel 13.3.6 om skalering.)

Viktigst er det kanskje å sammenlikne de to siste kolonnene. Mens den første viser hvor godt elevene i et land gjorde det på hele matematikktesten i TIMSS Advanced 2015 (hvor mange prosent av de 115 poengene de greide), viser den siste kolonnen hvor mange prosent av poengene de greide på den

delen av testen som lå innenfor dette landets læreplan. Det er slående hvor stor overensstemmelse det er mellom de to kolonnene. Fire av landene har samme resultat, tre land går opp med 1 prosentpoeng, og to land går opp med 2 prosentpoeng. Norge hører til i den siste gruppen. Dermed blir det vanskelig å bruke argumenter om at testen er mer «urettferdig» for noen av deltakerlandene enn for andre.

13.2.3 Oppgaver

Når TIMSS utvikler oppgaver til undersøkelsene sine, tar de mange hensyn (Mullis et al., 2005):

- Oppgavene skal ligge innenfor læreplanen i de fleste deltakerlandene.
- Oppgavene skal kunne forsvare sin posisjon i en framtidig utvikling av matematikk og naturfag (fysikk i TIMSS Advanced) i skolen. (Det betyr at oppgavene skal passe inn i nye runder av testen, og dermed kan bidra til trendanalyser.)
- Oppgavene skal være godt tilpasset elevenes alderstrinn.
- Oppgavene skal fungere teknisk godt i en storskalaundersøkelse.
- Oppgavene skal fordele seg på fagområdene og de kognitive kategoriene i samsvar med prosentangivelsene i rammeverket. (Se delkapittel 13.2.1.)

Oppgavene skal også fungere relativt godt i alle land, basert på resultatene fra piloteringen som gjennomføres året før hovedundersøkelsen. Videre er det et mål å få en balansert fordeling mellom flervalgsoppgaver og åpne oppgaver.

Punktet om å «fungere teknisk godt» betyr blant annet at en oppgave skal *diskriminere* godt, det vil si at den skal skille mellom sterke og svake elever. For å få høy reliabilitet på testen som helhet er det i tillegg viktig å ha oppgaver med ulik vanskegrad.

TIMSS Advanced er en *trendstudie*. Det betyr at den legger til rette for sammenlikning over tid. Et utvalg av oppgavene i TIMSS Advanced 1995 ble ikke offentliggjort, men lagt til side for gjenbruk i den neste TIMSS Advanced-studien i 2008. Dette er *trendoppgavene*, som knytter de to studiene sammen og gjør det mulig å sammenlikne prestasjonene. Tilsvarende skjedde i neste

runde. Omtrent halvparten av oppgavene i 2008 ble hemmeligholdt og brukt som trendoppgaver i 2015.

Trendoppgavene fra TIMSS Advanced 2008 lå altså fastlagt som et utgangspunkt. Deretter var det behov for å utvikle mange nye oppgaver, slik at det samlede oppgavetilfanget fylte kriteriene ovenfor. Deltakerlandene ble invitert til å levere forslag til nye oppgaver. Oppgaveforslagene ble sendt til en internasjonal ekspertkomité hvor de ble vurdert mot rammeverket. Lå en oppgave utenfor rammeverket, ble den enten modifisert eller forkastet. Falt den innenfor, ble den plassert i et fagområde og en kognitiv kategori. Den internasjonale ekspertkomiteen hadde ansvaret for at det var tilstrekkelig med oppgaver innen de ulike faglige og kognitive områdene, at det var en akseptabel fordeling i oppgavenes vanskegrad, og at det var et passende forhold mellom flervalgsoppgaver og åpne oppgaver. Den hadde også ansvaret for beskrivelsene av de ulike *kompetansenivåene*. To norske forskere deltok aktivt i dette arbeidet med matematikkoppgavene.

Den store «oppgavebanken» som ble utviklet på denne måten, ble grundig gjennomgått. Fra denne valgte man ut omtrent dobbelt så mange oppgaver som man trengte (i tillegg til trendoppgavene) til testen. Disse oppgavene ble utprøvd internasjonalt våren 2014. Resultatene i denne pilottesten ga grunnlag for å gjøre det endelige utvalget av oppgaver til selve TIMSS Advanced-undersøkelsen i 2015. Oppgaveutvalget ble diskutert internasjonalt med representanter fra alle deltakerlandene.

De utvalgte oppgavene er fordelt i såkalte *blokker*. En blokk består enten av trendoppgaver fra forrige runde eller av nye oppgaver som er prøvd ut i pilottesten. Blokkene er relativt like i arbeidsmengde og vanskegrad. Hver blokk inneholder omtrent 10 oppgaver og er anslått til å kreve 30 minutters arbeid for elevene. I 2008 var det 7 blokker med matematikkoppgaver og 7 blokker med fysikkoppgaver. Av disse var 3 stykker i hvert fag trendblokker fra 1995. Antallet ble økt til 9 blokker i hvert fag i 2015. Begrunnelsen var at med flere oppgaver fikk man dekket rammeverket bedre. I hvert fag var det slik at 3 av blokkene inneholdt trendoppgaver fra 2008, mens de andre 6 blokkene inneholdt nye oppgaver. Fem av blokkene i hvert fag i 2015 blir nå hemmeligholdt slik at de kan brukes som trendblokker i neste runde av TIMSS Advanced.

13.2.4 Koder

Omtrent halvparten av oppgavene i TIMSS Advanced er *flervalgsoppgaver*. I slike oppgaver får elevene fire svaralternativer å velge mellom: A, B, C eller D. (I 1995 var det fem svaralternativer.) Eleven skal markere hvilket av svarene hun eller han mener eller tror er det riktige.

Det ligger et grundig arbeid bak konstruksjon av flervalgsoppgaver. Det er viktig at ett av svaralternativene er riktig, og at ingen av de andre er det. De gale alternativene kalles *distraktorer*. Gode distraktorer bør avspeile typiske misoppfatninger, regnefeil eller liknende. En distraktor som knapt velges av noen av elevene, er ikke ønskelig. Det er heller ikke ønskelig at en distraktor skal «lokke» eller «lure» elevene til å gi galt svar. For å finne gode distraktorer prøver man ofte ut oppgavene som åpne oppgaver først. De elevsvarene man da får, danner utgangspunkt for konstruksjon av distraktorer.

En flervalgsoppgave er enkel å kode etterpå. Det er én tallkode for hvert av svarene A, B, C og D (og eventuelt E). Det er også spesielle koder for elever som har svart på en gal måte – for eksempel markert to svar – eller ikke har svart i det hele tatt. Disse kodene registreres i en database og kan deretter behandles med statistisk programvare.

For de *åpne oppgavene* er kodingen mye mer krevende. Åpne oppgaver kalles *constructed response items* på engelsk. Det er altså oppgaver hvor eleven ikke skal velge mellom ferdigformulerte svarforslag, men må formulere svaret selv. Svaret som kreves, kan være av ulikt format. Det kan for eksempel dreie seg om å skrive ned bare et tall eller et ord, eller oppgaven kan kreve at eleven viser en utregning, redegjør for en framgangsmåte, gir en begrunnelse eller forklarer et resonnement.

Gjennom utprøving av oppgavene danner man seg et inntrykk av hvordan de blir besvart. Dersom det viser seg at det er noen karakteristiske forskjeller mellom svarene, kan det ha diagnostisk interesse å gi visse svarkategorier særskilte koder. Det kan gi mulighet for å analysere både *hva* og *hvordan* elevene har svart på oppgaven. I TIMSS har man utviklet et tosifret kodesystem for å ta vare på slik informasjon. Norske forskere sto sentralt i denne utviklingen (se Lie, Angell & Rohatgi, 2010, s. 42).

Hvis en oppgave har bare ett riktig svar, gis det kode 10 for dette svaret. Dersom det er flere svar som anses som korrekte, eller dersom det er ulike måter å komme fram til svaret på, er det mulig å kode med for eksempel 10, 11 og 12. Hver kode er definert gjennom en beskrivelse (og eventuelt eksemplifisering)

av hvilke typer elevsvar som skal falle inn under denne koden. Feilsvar kodes konsekvent på 70-tallet. Dersom det er interessant å skille mellom ulike feilsvar, kan de gis kode 70, 71 osv. Alle andre feilsvar får kode 79. Helt blanke oppgaver får kode 99.

Riktig svar på en slik oppgave (kode 10, 11, ...) gir *ett poeng*.

Noen oppgaver er mer komplekse, og det er naturlig å kunne skille mellom helt eller delvis riktig svar. Da vil kodene 20, 21, 22 osv. betegne ulike typer korrekte svar, mens 10, 11, 12 osv. betegner ulike typer delvis korrekte svar.

Helt riktig svar på en slik oppgave gir *to poeng*, mens delvis riktig svar gir *ett poeng*.

Poengene gir grunnlag for å beregne prestasjonene, mens kodene for øvrig muliggjør nærmere studier av elevenes kunnskaper og strategivalg.

13.2.5 Spørreskjemaer

Hver elev som deltok i TIMSS Advanced, svarte på et *elevspørreskjema* i tillegg til den faglige testen. Lærerne til disse elevene (i det faget de ble testet i) fikk dessuten et eget *lærerspørreskjema*, og skolens ledelse fikk et *skolespørreskjema*. Gjennom skjemaene ble det samlet inn en rekke opplysninger om holdninger, hjemmebakgrunn, undervisningsmetoder, skolens ressurser med mer.

Spørreskjemaene i TIMSS Advanced 2015 gikk også gjennom en ekspertvurdering og en grundig internasjonal debatt før de ble ferdigstilt. Alle deltakerlandene hadde en demokratisk mulighet til å foreslå endringer og tillegg.

Det var mulig for land å sløyfe enkelte spørsmål som ble ansett som irrelevante for deres utdanningssystem, eller å legge til spørsmål som utdanningsmyndighetene eller den nasjonale prosjektgruppen fant interessante. Svarene på slike spørsmål blir ikke tatt med i den internasjonale rapporten.

13.2.6 Oversetting

Det internasjonale arbeids- og samarbeidsspråket i TIMSS er engelsk. Alle offisielle dokumenter, instruksjoner, oppgaver og spørreskjemaer foreligger på engelsk. Men når undersøkelsen gjennomføres, må oppgavene og spørreskjemaene foreligge på de språkene som brukes i skolene i de respektive landene. Elevene, lærerne og skolelederne skal møte oppgavene og spørsmålene på et språk de er vant til, ellers vil internasjonale sammenlikninger gi liten mening.

Oversetting er imidlertid vanskelig. For det første må det sikres at det spørres om nøyaktig det samme på alle språk. Videre bør oppgavene være like vanskelige, noe som ikke er opplagt når de reformuleres på et nytt språk. Noen enkle eksempler kan illustrere dette. Spørsmålet «What does a carnivore eat?» oversettes naturlig til «Hva spiser en kjøtteter?» på norsk. Vi ser at mens engelsk bruker et vanskelig fremmedord, bruker norsk et selvforklarende ord. Det norske spørsmålet blir dermed lettere enn det engelske. Andre ganger ligger engelsk fagterminologi nærmere allmennspråket enn tilsvarende norske faguttrykk gjør. «Multiply» inngår i engelsk hverdagsspråk og kan bety «mangfoldiggjøre» eller «formere seg», mens «multiplisere» knapt brukes utenfor matematikken på norsk.

I tillegg vil skifte av språk mange ganger gå sammen med skifte av kultur, tradisjoner, miljø og erfaringsverden. Slike ting kan også spille en rolle for hvordan situasjoner og spørsmål oppfattes. Sammen med oversettingen bør man derfor være oppmerksom på om dette kan skape ulikheter mellom elevene i forskjellige land. En matematisk modell for isbjørnpopulasjoner kan virke mer fremmedartet i Afrika enn i Norge. I spørreskjemaene er det mange spørsmål om hvor enig man er i en påstand. Da skal man for eksempel markere på en skala: svært enig – litt enig – litt uenig – svært uenig. Det kan finnes kulturforskjeller (tradisjoner) som gjør at i ett land er det mange personer som lett svarer med svært-kategorier, mens i et annet land vil de fleste unngå ekstreme posisjoner. Da kan det bli vanskelig å sammenlikne på tvers av land.

TIMSS har omfattende rutiner for oversetting og språkkontroll. I Norge utarbeides alle instrumentene (testene og spørreskjemaene) for grunnskolen på både bokmål og nynorsk. Det brukes moderate språkformer, slik at instrumentene blir nokså like i de to målformene. I TIMSS Advanced 2015 brukte vi en annen tilnærming. Der lot vi noen av oppgaveblokkene være på bokmål og de andre på nynorsk. Det betydde at hver elev fikk oppgaver på begge målformer. Vi hadde myndighetenes støtte for dette, og det var nesten ingen elever som reagerte. Vi gjorde det samme med spørreskjemaene; noen av dem ble formulert på bokmål, andre på nynorsk. Oversettingsforslagene våre ble sendt til IEA, som sendte dem videre til en norsk språkekspert som var ukjent for prosjektgruppen i Norge. Kommentarene og forslagene fra eksperten ble sendt via IEA tilbake til Norge, der prosjektgruppen gjennomgikk dem, vurderte dem fra en faglig og språklig synsvinkel og foretok nødvendige forbedringer av tekstene.

Det er også viktig at layout på oppgaver og hefter er så lik som mulig i alle land. Alle heftene sendes derfor til internasjonal godkjenning av layout før de trykkes.

13.2.7 Hefter

Oppgavene ble, som nevnt ovenfor, fordelt i 9 blokker i hvert fag. Blokkene hadde omtrent like mange oppgaver og like stor vanskegrad og arbeidsmengde. Blokkene ble kalt S1, S2, ..., S9. Blokkene S1, S3 og S5 var trendblokker fra 2008. De øvrige seks blokkene inneholdt nye oppgaver som var utarbeidet til studien i 2015.

Den totale arbeidsmengden for alle blokkene ville blitt altfor stor for en enkelt elev, anslagsvis 4½ time (pluss nok en halvtime til spørreskjemaet). Det er behov for å bruke mange oppgaver for å gi en bred dekning av innholdskategoriene i rammeverket. Hver enkelte elev får imidlertid bare et utvalg av alle oppgavene som er med i testen. Blokkene er fordelt på seks forskjellige hefter. Hvert hefte inneholder tre blokker, som tilsvarer en estimert arbeidsmengde på halvannen time. Tabell 13.9 viser hvordan blokkene ble fordelt på heftene.

Vi ser at hvert hefte inneholder én trendblokk og to nye blokker. Vi ser videre at hver blokk forekommer i to hefter, og på ulike plasser i de to heftene (først/midten/sist). Elevenes prestasjoner kan nemlig påvirkes av om en oppgave ligger tidlig eller sent i heftet. Mot slutten av en test er elevene ofte mer slitne og mindre konsentrerte.

Hver elev fikk altså ett hefte. Den enkelte elev fikk dermed prøve seg på en tredel av oppgavene i studien. TIMSS Advanced er derfor lite egnet til å si noe om den enkelte elev; studien er designet for å kunne trekke relativt sikre konklusjoner om hele den nasjonale populasjonen eller store deler av denne.

Alle oppgaveheftene i TIMSS inneholdt en kortfattet instruksjon til elevene om hvordan de ulike oppgavetyperne – det vil si flervalgsoppgaver og åpne oppgaver – skulle besvares. Det var en kort formelsamling i begynnelsen av hvert hefte. Denne er gjengitt i et appendiks bak i boka.

Tabell 13.9 Fordeling av blokker i hefter. Trendblokkene er rødmerket.

Hefter*	Blokker		
Hefte 7	S1	S2	S4
Hefte 8	S4	S3	S6
Hefte 9	S6	S7	S5
Hefte 10	S3	S8	S7
Hefte 11	S8	S5	S9
Hefte 12	S2	S9	S1

* Heftene 1–6 var matematikkhefter.

13.3 Gjennomføring

TIMSS har utviklet grundige prosedyrer for å sikre en ensartet gjennomføring av undersøkelsen i alle deltakerlandene. Prosedyrene er nøye beskrevet i manualer for gjennomføringen av ulike deler av studien. En teknisk rapport er publisert av det internasjonale prosjektsenteret (Martin, Mullis & Hooper, 2016a).

13.3.1 Tidspunkt

TIMSS Advanced-undersøkelsen skulle gjennomføres i slutten av det siste året i videregående skole. Det betydde våren 2015 innenfor tidsrammer som var fastsatt sentralt.

13.3.2 Utvalg

Bare et utvalg av elevene i hvert deltakerland blir testet. Dette utvalget trekkes etter bestemte statistiske regler og prosedyrer. For å kunne gjøre generaliseringer fra utvalget til hele populasjonen med liten usikkerhet (små feilmarginer), ble det satt som mål at utvalgene burde omfatte 3600 elever i hvert fag. Dette målet gjaldt i utgangspunktet alle land. At kravet til utvalgsstørrelsen er uavhengig av størrelsen på populasjonen, kan begrunnes statistisk, men vi går ikke inn på det her. For små land kunne ikke disse målene nås, og prosedyrer og mål måtte modifiseres. Av de 264 aktuelle videregående skolene i Norge ble 134 trukket ut til å delta i matematikk og de andre 130 til å delta i fysikk. Den norske prosjektgruppen fant det ikke ønskelig at skoler skulle bes om å delta i begge studiene. Det ville lett føre til at samme elev måtte delta i begge studiene, siden svært mange av fysikkelevne også tar matematikk. Det ville være en urimelig belastning relativt kort tid før avsluttende eksamen. På skoler som ble trukket ut i matematikk, var alle elevene i Matematikk R2 med i utvalget, og på skoler som ble trukket ut i fysikk, var alle elevene i Fysikk 2 med i utvalget.

Den nasjonale prosjektgruppen kontaktet alle de uttrukne skolene med en oppfordring om å delta i undersøkelsen. Av de 134 skolene som ble bedt om å delta i matematikk, svarte 133 ja. Av de aktuelle elevene på disse skolene deltok 93 %. Av de 130 skolene som ble bedt om å delta i fysikk, var det 127 som svarte ja. Av de aktuelle elevene på disse skolene deltok 94 %. Det gir en samlet deltakelsesprosent på 93 % i både matematikk og fysikk. Til sammen deltok 2537 norske elever i matematikkundersøkelsen og 2472 i fysikkundersøkelsen.

TIMSS hadde detaljerte regler for hvordan disse utvalgene skulle trekkes. I tillegg var det strenge krav til deltakelsesprosentene for å anerkjenne utvalgene som *representative*. Norge tilfredsstilte disse kravene med god margin.

Dersom et utvalg er trukket *tilfeldig* og har en viss størrelse, regnes det som *representativt*, det vil si at det avspeiler situasjonen i hele populasjonen. I vårt tilfelle ville tilfeldig utvalg bety at enhver R2-elev i landet hadde samme sannsynlighet for å bli med i utvalget, og tilsvarende i fysikk. Dette var ikke tilfellet i TIMSS Advanced. Skolene hadde ikke samme sannsynlighet for å bli trukket ut, siden skoler som ikke hadde Fysikk 2 nødvendigvis måtte være med i matematikkutvalget. Dessuten var det ulikt antall elever fra skole til skole. Men i etterkant var det mulig å beregne hvor stor sannsynligheten for å bli trukket ut hadde vært for hver enkelt elev i utvalget. Disse sannsynlighetene ble brukt til å beregne hvor mange elever i populasjonen den enkelte elev i utvalget kunne sies å representere. Dermed kunne elevene tildeles *vekter* som tilsvarte denne representativiteten. På tilsvarende måte ble det beregnet vekter for skolene i utvalgene. Dataanalysene benytter disse vektene.

På denne måten fikk vi med god tilnærming et representativt utvalg av skoler og et representativt utvalg av elever. Utvalget av lærere ble derimot *ikke* trukket tilfeldig. Lærerne fulgte med som et «attributt» til elevutvalget – det var de utvalgte klassenes lærere som deltok i undersøkelsen. Strengt tatt betyr det at lærerutvalget ikke med sikkerhet kan anses som representativt for hele lærerpopulasjonen; det er derfor litt mer usikkert å generalisere fra dette. Men siden lærerutvalget omfatter så mange av de aktuelle lærerne – og det er et biprodukt av en tilfeldig utvalgsprosess – kan det vanskelig tenkes betydelige feilutslag om man antar at de på en god måte representerer samtlige lærere i dette faget. Vi kan anse lærerutvalget som «tilstrekkelig tilfeldig» til at vi kan generalisere fra det. Derfor tillater vi oss å bruke uttrykk av typen «23 % av de norske lærerne i Fysikk 2» og liknende uttrykksmåter når vi strengt tatt burde ha skrevet «lærerne til 23 % av elevene i Fysikk 2 i Norge».

Vektingen av dataene ble beregnet av datasenteret til IEA. Dette blir beskrevet i den internasjonale tekniske rapporten til TIMSS Advanced 2015 (Martin et al., 2016a).

Skolene som hadde sagt seg villige til å delta, sendte inn anonymiserte lister over de uttrukne elevene. Prosjektgruppen brukte et dataprogram spesiallaget for TIMSS Advanced til å trekke ut hvilken elev som skulle ha hvilket oppgavehefte.

13.3.3 Gjennomføring på skolene

Det internasjonale prosjektsenteret hadde utarbeidet detaljerte instruksjoner for hvordan testen skulle gjennomføres i klasserommet. Det var gjort for å sikre like testvilkår for alle elever, både nasjonalt og internasjonalt.

Alt elevmaterieell ble sendt til skolene litt før undersøkelsen skulle gjennomføres. Materiellet besto av oppgavehefter og spørreskjemaer til elevene, samt instruksjoner for gjennomføringen. En av de tilsatte på skolen var ansvarlig for å sette seg inn i instruksene på forhånd og påse at de ble fulgt nøye.

På den avtalte testdagen ble elevene samlet i klasserommet eller et annet egnet rom. Elevene fikk hvert sitt oppgavehefte. Hvem som skulle ha hvilket hefte, var angitt med en kodet klistrelapp foran på heftet. Dersom en elev ikke møtte, ble vedkommendes hefte inndratt. Dersom en frammøtt elev burde ha tilhørt utvalget, men ikke var registrert, ble vedkommende registrert og fikk et ekstrahefte som var klargjort for slik bruk. Elevene fikk ikke lov til å åpne heftene før de fikk beskjed om å gjøre det.

Elevene fikk opplest informasjon om testen og om gjennomføringen, og eksemplene forrest i heftene ble gjennomgått. Deretter fikk de nøyaktig 90 minutter til å løse oppgavene. Etterpå besvarte elevene spørreskjemaet.

Den internasjonale TIMSS-ledelsen hadde knyttet til seg én person i hvert land som kontrollerte gjennomføringen på en del tilfeldig valgte skoler. Vedkommende var uavhengig av den nasjonale prosjektgruppen og rapporterte direkte til den internasjonale ledelsen ved hjelp av et grundig rapporteringsskjema.

Den ansvarlige personen for gjennomføringen på den enkelte skole sendte alt materialet tilbake til den nasjonale prosjektgruppen. Det ble kontrollert at ingen oppgavehefter forsvant i prosessen.

Spørreskjemaene til lærerne og skolelederne ble distribuert og utfylt på nett.

13.3.4 Koding

All informasjon fra oppgaveheftene og de ulike spørreskjemaene ble registrert i en databank. I prinsippet er det enkelt å kode svarene på flervalgsoppgavene og på spørsmålene i spørreskjemaene. Da skal det bare registreres hvilket svaralternativ vedkommende har valgt. I Norge ble dette lest og registrert elektronisk fra skannede versjoner av elevenes oppgavehefter.

Når det gjelder de åpne oppgavene, er situasjonen mer krevende, noe som går fram av redegjørelsen for kodesystemet i delkapittel 13.2.4. Koden settes

altså etter en subjektiv vurdering av elevens svar. Skal analyser av elevprestasjonene være pålitelige (reliable), må denne kodingen av åpne oppgaver utføres så likt som mulig av alle kodere i samtlige deltakerland. Det nedlegges et stort arbeid for å sikre dette best mulig. De tillatte kodene på en oppgave er utførlig beskrevet i de internasjonale kodemanualene. Dette materialet var grundig gjennomgått på en internasjonal samling. I det enkelte land ble kode-definisjonene nøye gjennomgått i fellesskap før kodingen startet. Eventuelle uklarheter ble drøftet og avklart, i noen tilfeller i samråd med den internasjonale TIMSS-ledelsen. For mange av oppgavene var det utarbeidet eksempelmateriell som illustrerte hvordan kodene skulle brukes. Dette ble gjennomgått og kommentert i fellesskap. I tillegg var det ofte øvingsoppgaver som alle koderne skulle vurdere hver for seg. Etterpå sammenliknet man de kodene man hadde valgt, drøftet vurderingene og holdt disse opp mot en internasjonal «fasit» som fastslo hvordan kodene skulle brukes på øvingsoppgavene. I noen land, blant annet Norge, var elevbesvarelsene skannet inn, og kodingen ble utført ved skjerm og tastatur.

Som en ytterligere kontroll ble det gjort tre typer ekstra koding:

- Omtrent en tredel av heftene var trukket ut til *reliabilitetskoding*, det vil si at to personer kodet disse heftene uavhengig av hverandre. På denne måten kunne man statistisk måle den nasjonale *sensorreliabiliteten*, det vil si graden av samsvar mellom koderne (sensorene) *i et land*.
- En del engelskspråklige elevbesvarelser var plukket ut til å bli kodet av to kodere fra hvert eneste deltakerland. På denne måten kunne man statistisk måle sensorreliabiliteten *mellom land*.
- En del besvarelser fra TIMSS Advanced 2008 på trendoppgaver som ble brukt på nytt i 2015, var plukket ut til å bli kodet av to kodere fra hvert land. På denne måten kunne man statistisk måle sensorreliabiliteten *over tid*.

13.3.5 Databehandling

De innlagte dataene ble kontrollert i flere omganger, først i Norge og deretter i det internasjonale datasenteret til TIMSS. Dataene ble «vasket», det vil si at man lette etter inkonsistente og overraskende data. Disse ble så kontrollert mot oppgaveheftene og spørreskjemaene. Prosedyrene skal sikre høy grad av samsvar mellom det elevene, lærerne og skolelederne faktisk hadde svart, og de dataene som ble lagret elektronisk.

Da datavaskingen var avsluttet, ble alle forbindelser mellom de elektroniske dataene og deltakerne i undersøkelsen slettet. Dermed lar det seg ikke gjøre å spore enkeltresultater tilbake til elever eller skoler. Prosedyrene var i Norge godkjent av Datatilsynet.

13.3.6 Skalering

Avanserte statistiske metoder er brukt for å behandle dataene på en måte som muliggjør sammenlikninger. Dette blir grundig beskrevet i den internasjonale tekniske rapporten (Martin et al., 2016a).

Som nevnt ovenfor svarte hver enkelt elev bare på en tredel av det samlede oppgavetilfanget. Prestasjonene til to elever som hadde samme hefte, kan sammenliknes. To elever som fikk forskjellige hefter, fikk derimot helt eller delvis forskjellige oppgaver, og da kan ikke prestasjonene uten videre sammenliknes. Tilsvarende kan prestasjoner i 2015 ikke uten videre sammenliknes med prestasjoner i 2008.

Disse problemene løses ved hjelp av blokker som er felles mellom hefter og mellom de to undersøkelsene. Disse blokkene fungerer som «broer» som knytter de enkelte delene sammen.

La oss eksempelvis se på en elev, vi kaller henne Helga, som fikk hefte 8 i fysikktesten. Hefte 8 inneholdt blokkene S4, S3 og S6 (se tabell 13.9). Blokk S4 fantes også i hefte 7. Med kunnskap om hvordan Helga presterte på blokk S4, og ut fra det statistiske materialet om hvordan elevene som fikk hefte 7, presterte, kan vi anslå hvordan Helga ville ha gjort det på blokkene S1 og S2 dersom hun i stedet hadde fått hefte 7. På samme måte kan vi ved hjelp av blokk S6 anslå hvordan hun ville ha gjort det i hefte 9, og ved hjelp av blokk S3 anslå hvordan hun ville ha gjort det i hefte 10. Med denne kunnskapen og disse anslagene kan vi videre anslå hvordan hun ville ha gjort det i heftene 11 og 12.

Et slikt resonnement er ganske usikkert for én enkelt elev. Men tilknytningen

til de virkelige elevene er kuttet – det finnes ingen «Helga». Dataene kan ikke brukes til å si noe om enkeltelever. De blir bare anonyme representanter som kan hjelpe oss til å si noe om den nasjonale populasjonen eller deler av denne. På grunn av usikkerheten blir det kjørt flere simuleringer ut fra prestasjonene til Helga i hefte 8 og anslagene for hvordan hun kunne ha gjort det på oppgavene i resten av blokkene. Disse simuleringene produserer fem verdier som representerer hva Helga *kunne ha skåret totalt* dersom hun hadde tatt hele testen. Disse verdiene kalles *plausible verdier*. Variasjonen mellom de plausible verdiene er et uttrykk for usikkerheten i anslagene. Det regnes ut fem plausible verdier for hver eneste elev som deltok i testen. De fleste statistiske analysene som tar for seg elevenes skår på testen (for eksempel i forhold til en bakgrunnsvariabel) benytter alle de plausible variablene. Det minsker usikkerheten i resultatene.

Når samtlige elever på denne måten har fått plausible verdier for sine prestasjoner, kan man regne ut gjennomsnittsskår og standardavvik for utvalget og bruke det til å generalisere til hele populasjonen eller til deler av denne. For alle slike generaliserte verdier er det beregnet *standardfeil*, som brukes til å avgjøre om forskjeller er *signifikante*.

Alle enkeltskårene ligger spredt omkring gjennomsnittet på en skåringsakse. Da er det mulig å justere selve måleaksen. På samme vis som vi kan regne om temperaturer mellom celsius-verdier og fahrenheit-verdier, kan vi regne om skårene til nye verdier langs en ny skala. Vi får andre tall og et annet nullpunkt, men det er fortsatt den samme statistiske fordelingen.

En slik *skalering* ble gjort med dataene i TIMSS Advanced 1995. Elevskårene i alle deltakerlandene ble regnet om til en ny skala slik at det internasjonale gjennomsnittet ble 500 «poeng», og standardavviket ble 100 «poeng». Disse tallene er ikke poeng oppnådd på selve testen, men de er likevel mål for hvor godt elevene presterte. En slik skalering ble utført for matematikk og fysikk hver for seg.

Elevene som ble testet i TIMSS Advanced 2008, hadde tre trendblokker fra 1995. Med liknende teknikker som vi nettopp har beskrevet, kunne elevenes prestasjoner på trendoppgavene i 2008 brukes til å anslå hvordan disse elevene ville ha prestert dersom de hadde tatt hele testen fra 1995. Resultatene deres kunne derfor innpasses på den skalaen som ble fastlagt i 1995.

Teknikkene som brukes for slik «brobygging» mellom undersøkelser, baserer seg på *Item Response Theory* og er statistisk avanserte – atskillig mer avanserte enn beskrivelsen ovenfor kan gi inntrykk av. De blir beskrevet i den internasjonale

tekniske rapporten til TIMSS Advanced (Martin et al., 2016a). «Brobyggingen» ble foretatt for alle de landene som deltok i både 1995 og 2008. Slik ble altså skalaen i 2008 definert i samsvar med skalaen fra 1995. De nye deltakerlandene i 2008 ble innpasset på denne skalaen. En tilsvarende «brobygging» ble foretatt med resultatene i 2015 ved hjelp av trendoppgavene fra 2008.

Denne prosessen ga en skala (for hvert av fagene) som kan brukes som fast målestokk for prestasjoner i den første undersøkelsen i 1995, for TIMSS Advanced 2008, for TIMSS Advanced 2015 og for eventuelle nye TIMSS Advanced-studier. Dette muliggjør trendanalyser.

Den internasjonale gjennomsnittsskåren var 500 per definisjon i 1995. I 2008 var den ikke lenger 500. Det kunne heller ikke forventes. For det første må vi forvente at de landene som hadde deltatt i 1995, ikke presterte akkurat likt i 2008. Viktigere er det likevel at det ikke var samme gruppe land som deltok i begge undersøkelsene. Noen land som deltok i 1995, uteble i 2008, og nye land kom til, se tabell 13.1. På samme måte var det en viss utskifting av deltakerland fra 2008 til 2015. Det er ingen grunn til å forvente at én gruppe land skal prestere nøyaktig like godt i gjennomsnitt som en (delvis) annen gruppe land.

Å relatere prestasjoner til det internasjonale gjennomsnittet på den enkelte studien kan gi liten mening, siden et slikt gjennomsnitt naturlig varierer fra studie til studie. Kommer det for eksempel inn et fattig land som presterer svakt – som Filippinene i matematikk i 2008 – vil det kunne trekke gjennomsnittet ned i forhold til den foregående studien. Det ville være sterkt misvisende om en bedring i norske prestasjoner i forhold til det internasjonale gjennomsnittet på én studie ble framstilt som en framgang i forhold til en tidligere studie, mens det i virkeligheten skyldtes at gjennomsnittet hadde endret seg fordi nye land med svakere prestasjoner deltok. Dersom vi tenker oss at Singapore hadde deltatt i TIMSS Advanced 2008 i stedet for Filippinene, hadde totalbildet utvilsomt vært ganske annerledes. Men vurderingen av den norske utviklingen skal ikke avhenge av hvilke andre land som valgte å delta.

De prestasjonsdataene som foreligger, gir god anledning til å studere et enkelt lands utvikling over tid. Da sammenliknes landet med seg selv på den faste skalaen fra undersøkelse til undersøkelse. Sammenlikninger mellom land i samme undersøkelse er også meningsfulle. Dersom to eller flere land har deltatt i flere av undersøkelsene, kan landenes utvikling over tid også sammenliknes. Det som derimot gir liten mening, er å sammenlikne prestasjoner for et land med de internasjonale gjennomsnittene fra undersøkelse til undersøkelse, siden disse

altså varierer og er avhengige av hvilke land som deltar. I de internasjonale rapportene for TIMSS og TIMSS Advanced unnlater prosjektsenteret i Boston å gjøre dette. I tabellene over deltakerlandenes gjennomsnittsskår er skalamidtpunktet på 500 oppgitt, men ikke årets internasjonale gjennomsnitt. Samme valg er gjort i denne boka.

13.3.7 Analyser og rapportering

Det internasjonale prosjektsenteret for TIMSS Advanced har ansvaret for en første grundig gjennomgang og analyse av dataene fra samtlige deltakerland. Det er de som beregner vektorer for dataene i alle land, som beregner plausible verdier for alle elevene, og som foretar den internasjonale skaleringen av skårene. De utgir en teknisk rapport om gjennomføringen av studien og om hvordan dataene er behandlet (Martin et al., 2016a). De utgir også en rapport om de internasjonale resultatene (Mullis et al., 2016b). Det enkelte land har ansvar for å kontrollere at landets data som brukes i disse analysene, er korrekte.

Til hjelp i analysene er det utviklet en del *samlevariabler*. Eksempler på slike er *hjemmeressurser*, *lærertilfredshet* og *nytte av fysikk*. En samlevariabel er en slags sammenfatning av flere variabler. Etablering av en samlevariabel er en omfattende prosess som baserer seg både på faglig innsikt og på statistiske metoder. Med bakgrunn i erfaring og tidligere forskning vil man ofte anta at flere variabler måler aspekter av samme fenomen, det vil si at man antar at de sammen danner et naturlig og interessant *konstrukt*. Denne antakelsen blir testet med *korrelasjonsundersøkelser*, *regresjonsanalyser* og *eksplorerende faktoranalyse*, og i etterkant med *konfirmerende faktoranalyse*. På denne måten søker man å etablere et solid faglig og statistisk grunnlag for bruken av samlevariablene.

For den som er interessert i statistiske resonnementer og metoder som brukes i slike store studier, finnes det mye teori man kan sette seg inn i. Eksempler er bøkene *Introduction to classical and modern test theory* (Crocker & Algina, 1986), *Statistics for social data analysis* (Knoke, Bohrnstedt & Mee, 2002) og *Structural Equations with Latent Variables* (Bollen, 1989).

Denne boka er en oppfølger til den norske rapporten fra TIMSS Advanced 2015 (Grønmo, Hole & Onstad, 2016) og en tilsvarende bok som denne om matematikkfaget i TIMSS Advanced (Grønmo & Hole, 2017). Nye analyser av data fra TIMSS Advanced, TIMSS og PISA presenteres og drøftes i et fagdidaktisk og utdanningspolitisk perspektiv.

Appendiks

Informasjon i oppgaveheftene

Utvalgte formler i fysikk

Mekanikk og varme

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_p = mgh$$

$$E_{\text{fjær}} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$F_N = mg \cos \alpha$$

$$F = PS$$

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$p = p_0 + \rho gh$$

$$W = Fr \cos \alpha$$

$$Q = cm\Delta T = C\Delta T$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T$$

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = b$$

$$\frac{pV}{T} = \text{konstant}$$

$$\Delta W = p\Delta V$$

Elektrisitet og magnetisme

$$U = RI$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$P = UI = RI^2$$

$$\varepsilon = rI + RI$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$E = \frac{U}{s}$$

$$E_p = qU$$

$$E = \frac{k|q|}{r^2}$$

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt}$$

$$\varepsilon = lvB$$

$$F = IlB \sin \alpha$$

$$F = qvB \sin \alpha$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Bølger, atom- og kjernefysikk

$$v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$$

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

$$d \sin \alpha_n = n\lambda$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$E_f = hf$$

$$p_f = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$hf = W + E_k$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$E = -\frac{B}{n^2}$$

$$E_0 = m_0 c^2$$

Utvalgte formler i fysikk

tyngdens akselerasjon	g	$9,8 \text{ m/s}^2$
elektronets masse	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
elektronets ladning	e	$-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
protonets masse	m_p	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
lyshastigheten	c	$3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
lydhastigheten (20 °C)	v	340 m/s
Boltzmanns konstant	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
konstant i Wiens forskyvningslov	b	$2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
Plancks konstant	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
gravitasjonskonstanten	γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
permabilitetskonstanten	μ_0	$1,26 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$
permittiviteten i vakuum	ε_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
universal gasskonstant	R	$8,32 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
spesifikk varmekapasitet for vann	c_v	$4,2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$

Omregningsfaktorer

1 atmosfære	$1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
1 MeV	$1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
1 atommasse	$931,46 \text{ MeV} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Referanser

- Angell, C. (1996). *Elevers fysikkforståelse. En studie basert på utvalgte fysikkoppgaver i TIMSS*. Doktoravhandling, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo.
- Angell, C., Kjærnsli, M. & Lie, S. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget.
- Angell, C., Henriksen, E. K. & Isnes, A. (2003). Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av! I D. Jorde & B. Bungum (red.), *Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling* (s. 165–198). Oslo: Gyldendal Norsk forlag.
- Angell, C., Lie, S. & Rohatgi, A. (2011). TIMSS Advanced 2008: Fall i fysikkkompetanse i Norge og Sverige. *NorDiNa*, 7(1), 17–31.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2016). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Arora, A., Foy, P., Martin, M. O. & Mullis, I. V. S. (2009). *TIMSS Advanced Technical Report*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Bergem, O. K., Grønmo, L. S. & Olsen, R. V. (2005). PISA 2003 og TIMSS 2003: Hva forteller disse undersøkelsene om norske elevers kunnskaper og ferdigheter i matematikk? *Norsk Pedagogisk Tidsskrift*, 89(1), 31–44.
- Bergem, O. K. (2016a). Hovedresultater i naturfag. I O. K. Bergem, H. Kaarstein & T. Nilsen (red.), *Vi kan lykkes i realfag. Resultater og analyser fra TIMSS 2015* (s. 44–63). Oslo: Universitetsforlaget.
- Bergem, O. K. (2016b). Hovedresultater i matematikk. I O. K. Bergem, H. Kaarstein & T. Nilsen (red.), *Vi kan lykkes i realfag. Resultater og analyser fra TIMSS 2015* (s. 22–44). Oslo: Universitetsforlaget.
- Berthelsen, J., Illeris, K. & Poulsen, S. C. (1987). *Innføring i prosjektarbeid*. Forlaget Fag og Kultur.
- Björnsson, J. K. & Olsen, R. V. (red.) (2018). *Tjue år med TIMSS og PISA i Norge. Trender og nye analyser*. Oslo: Universitetsforlaget.

- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley & Sons.
- Brekke, G. (1995). *KIM (Kvalitet i matematikkundervisningen): Introduksjon til diagnostisk undervisning i matematikk*. Oslo: Nasjonalt læremiddelsenter.
- Buck, M. (2011, 21. februar). Den nordiske modellen. *Nordlys*.
- Clements, K., Bishop, A. J., Keitel-Kreidt, C., Kilpatrick, J. & Koon-Shing Le, F. (red.) (2013). *Third International Handbook of Mathematics Education*. New York: Springer.
- Clemet, K. (2005). Hentet fra <https://www.utdanningsnytt.no/nyheter/2005/august/tydelige-om-laring-i-ny-lareplan/>
- Cooper, H. (2001). *The Battle over Homework* (2. utgave). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Cooper, H., Robinson, J. C. & Patall, E. A. (2006). Does homework improve academic achievement? A synthesis of research, 1987–2003. *Review of Educational Research*, 76(1), 1–62.
- Corno, L. (1996). Homework is a Complicated Thing. *Educational Researcher*, 25(8), 27–30.
- Crocker, L. & Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. New York: Holt, Rinehart, & Winston Inc.
- Eilertsen, T. (2019, 18. september). 5-åringen min går inn i en skole som blir stadig bedre. *Aftenposten*.
- English, L. D. & Bussi, M. G. B. (2008). *Handbook of International Research in Mathematics Education*. Philadelphia, PA: Lawrence Erlbaum Assoc. Inc.
- Finansforbundet (2019). *Kunsten å være norsk*. Hentet fra https://www.finansforbundet.no/kunstenavaerenorsk/?gclid=EA1aIQobChMI196amKWv5AIVAt-yCh14ZAynEAAAYASAAEgL6VfD_BwE
- Flatås, R. M. (2015). Naturfaget i grunnskolen må endres. *Utdanningsnytt*. Hentet fra <https://www.utdanningsnytt.no/naturfaget-i-grunnskolen-ma-endres/145839>
- Fleiss, J. L., Cohen, J. & Everitt, B. (1969). Large sample standard errors of kappa and weighted kappa. *Psychological Bulletin*, 72(5), 323–327.
- Furner, J. M. & Gonzales-DeHass, A. (2011). How do Students' Mastery and Performance Goals Relate to Math Anxiety? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7(4), 227–242.
- Gabrielsen, E., Hovig, J., Rognved, E., Strand, O., Støle, H. & Toft, T. E. (2017). *Godt nytt! Norske resultater fra PIRLS 2016*. Stavanger: Lesesenteret.

- Garden, R. A., Lie, S., Robitaille, D. F., Angell, C., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., . . . Arora, A. (2006). *TIMSS Advanced 2008 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Grønmo, L. S., Kjærnsli, M. & Lie, S. (2004a). Looking for Cultural and Geographical Factors in Patterns of Responses to TIMSS Items. I C. Papanastasiou (red.), *Proceedings of the IRC-2004 TIMSS Conference*. Lefkosia: Cyprus University Press.
- Grønmo, L. S., Bergem, O. K., Kjærnsli, M., Lie, S. & Turmo, A. (2004b). *Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003*. Oslo: Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Grønmo, L. S. & Onstad, T. (2009). *Tegn til bedring. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2007*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S., Onstad, T. & Pedersen, I. F. (2010a). *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S. (2010b). Matematikkundervisning i Norge og i andre land. I L. S. Grønmo, T. Onstad & I. F. Pedersen (red.), *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole* (s. 143–167). Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S. (2010c). Prestasjoner på oppgaver i Kalkulus. I L. S. Grønmo, T. Onstad & I. F. Pedersen (red.), *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole* (s. 83–109). Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S. & Onstad, T. (2012a). *Mange og store utfordringer. Et nasjonalt og internasjonalt perspektiv på utdanning av lærere i matematikk basert på data fra TEDS-M 2008*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., Nilsen, T., Hole, A., Aslaksen, H. & Borge, I. C. (2012b). *Framgang, men langt fram. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2011*. Oslo: Akademika forlag.
- Grønmo, L. S. & Onstad, T. (red.) (2013a). *The significance of TIMSS and TIMSS Advanced. Mathematics Education in Norway, Slovenia and Sweden*. Oslo: Akademika Publishing.
- Grønmo, L. S. & Onstad, T. (red.) (2013b). *Opptur og nedtur. Analyser av TIMSS-data for Norge og Sverige*. Oslo: Akademika forlag.
- Grønmo, L. S., Jahr, E., Skogen, K. & Wistedt, I. (red.) (2014a). *Matematikktalenter i skolen – hva med dem?* Oslo: Cappelen Damm.

- Grønmo, L. S. (2014b). Svikter skolen de flinke elevene? I L. S. Grønmo, E. Jahr, K. Skogen & I. Wistedt (red.), *Matematikk talenter i skolen – hva med dem?* (s. 9–35). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Grønmo, L. S., Hole, A. & Onstad, T. (2016). *Ett skritt fram og ett tilbake: TIMSS Advanced 2015 matematikk og fysikk i videregående skole*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Grønmo, L. S. & Hole, A. (red.) (2017). *Prioritering og progresjon i skolematematikken. En nøkkel til å lykkes i realfag. Analyser av TIMSS Advanced og andre internasjonale studier*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Grønmo, L. S. (2018). The Role of Algebra in School Mathematics. I G. Kaiser, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E. Simmt & B. Xu (red.), *Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education* (s. 175–193). Springer.
- Grønmo, L. S. & Hole, A. (in press). Egalitarianism in Norwegian School Mathematics: Does it work? *Journal to be determined*.
- Hanna, G. (2000). Proof, explanation and exploration: An overview. *Educational Studies in Mathematics*, 44(1), 5–23.
- Hole, A., Onstad, T., Grønmo, L. S., Nilsen, T., Nortvedt, G. A. & Braeken, J. (2015). *Investigating mathematical theory needed to solve TIMSS and PISA mathematics test items*. Paper presented at the 6th IEA International Research Conference, 24–26 June 2015, Cape Town, South Africa.
- Hole, A., Grønmo, L. S. & Onstad, T. (2017). *Measuring the Amount of Mathematical Theory needed to solve Test items in TIMSS Advanced Mathematics and Physics*. Paper presented at the 7th IEA International Research Conference, 28–30 June 2017, Prague, Czech Republic.
- Hole, A., Grønmo, L. S. & Onstad, T. (2018). The dependence on mathematical theory in TIMSS, PISA and TIMSS Advanced test items and its relation to student achievement. *Large-scale Assessments in Education*, 6(3). Hentet fra <https://doi.org/10.1186/s40536-018-0055-0>
- Idsøe, E. C. (2014). *Elever med akademisk talent i skolen*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Isnes, A. (2019). Prolog. I C. Angell, B. Bungum, E. K. Henriksen, S. D. Kolstø, J. Persson & R. Renstrøm (red.), *Fysikkdidaktikk* (s. 15–17). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.

- Jahr, E. (2014). Matematikk og de talentfulle elevene. I L. S. Grønmo, E. Jahr, K. Skogen & I. Wistedt (red.), *Matematikk talenter i skolen – hva med dem?* (s. 93–134). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- KD (2006). *Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2006*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., Roe, A. & Turmo, A. (2004). *Rett spor eller ville veier? Norske elevers prestasjoner i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2003*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V. & Roe, A. (2007). *Tid for tunge løft. Norske elevers kompetanse i naturfag, lesing og matematikk i PISA 2006*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M. & Roe, A. (2010). *På rett spor. Norske elevers kompetanse i lesing, matematikk og naturfag i PISA 2009*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Knobe, D., Bohrnstedt, G. W. & Mee, A. P. (2002). *Statistics for Social Data Analysis*. Itasca, Ill.: F. E. Peacock Publishers.
- KUD (1976). *Læreplan for den videregående skole. Del 3a: Studieretning for allmenne fag 1976*. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2014081207075
- KUD (1986). *Læreplan for den videregående skole. Del 3a: Studieretning for allmenne fag 1985*. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2017052207167
- KUD (1992). *Læreplan for den videregående skole. Del 3a: Studieretning for allmenne fag*. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007112101055
- KUF (1994). *Læreplaner for videregående opplæring*. Oslo: Det kongelige kirke-, utdannings- og forskningsdepartement.
- KUF (1996). *Læreplanverket for den 10-årige grunnskolen 1997*. Oslo: Det kongelige kirke-, utdannings- og forskningsdepartement.
- Kvittingen, I. (2014). *Flinke piker, skoletapergutter*. *forskning.no*. Hentet fra <https://forskning.no/skole-og-utdanning-barn-og-ungdom-kjonn-og-samfunn/flinke-piker-skoletapergutter/546388>
- Lie, E. (2019, 20. august). En politisk konsensus ved veis ende. *Aftenposten*.
- Lie, S., Angell, C. & Rohatgi, A. (2010). *Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole*. Oslo: Unipub.

- Lie, S., Angell, C. & Rohatgi, A. (2012). Interpreting the Norwegian and Swedish trend data for physics in the TIMSS Advanced Study. *Nordic Studies in Education*, 32, 177–195.
- Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa (opplæringslova) (2016). Oslo: Kunnskapsdepartementet.
Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-61>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P. & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-results-science.html>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. & Hooper, M. (red.) (2016a). *Methods and procedures in TIMSS Advanced 2015*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P. & Hooper, M. (2016b). *TIMSS 2015 International Results in Science*.
Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Middleton, J. A. & Spanias, P. A. (1999). Motivation for Achievement in Mathematics: Findings, Generalizations, and Criticisms of the Research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 65–88.
- Mullis, I. S. V., Martin, M. O., Beaton, A. E., Gonzales, E. J., Kelly, D. L. & Smith, T. A. (1998). *Mathematics and Science Achievement in the Final Years of Secondary School: IEA's Third International Mathematics and Science Report*.
Hentet fra <https://timssandpirls.bc.edu/timss1995i/MathScienceC.html>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., Gonzalez, E. J., . . . O'Connor, K. M. (2003). *TIMSS Assessment Frameworks and Specifications 2003*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A. & Erberber, E. (2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Mathematics*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-results-mathematics.html>

- Mullis, I. V. S. & Martin, M. O. (red.) (2014). *TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Hooper, M. (2016a). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*.
Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Hooper, M. (2016b). *TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/advanced/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Goh, S. & Cotter, K. (2016c). *TIMSS 2015 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/Encyclopedia/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O. & Loveless, T. (red.) (2016d). *20 Years of TIMSS: International Trends in Mathematics and Science Achievement, Curriculum, and Instruction*. Boston: TIMSS and PIRLS International Study Center.
- NCTM (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Nilsen, T., Angell, C. & Grønmo, L. S. (2013a). Mathematical competencies and the role of mathematics in physics education. A trend analysis of TIMSS Advanced 1995 and 2008. *Acta Didactica Norge*, 7(1), Art. 6.
- Nilsen, T., Grønmo, L. S. & Hole, A. (2013b). Læringstrykk og prestasjoner i matematikk og naturfag. I L. S. Grønmo & T. Onstad (red.), *Opptur og nedtur. Analyser av TIMSS-data for Norge og Sverige* (s. 19–51). Oslo: Akademika forlag.
- Nilsen, T. & Gustafsson, J.-E. (2014). School Emphasis on Academic Success: Exploring changes in science performance in Norway between 2007 and 2011 employing two-level SEM. *Educational Research and Evaluation*, 20(4), 308–327.
- Niss, M. (1999). Aspects of the nature and state of research in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 40(1), 1–24.
- Niss, M. (2007). Reflections on the State and Trends in Research on Mathematics Teaching and Learning: From Here to Utopia. I F. K. Lester (red.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 1293–1312). Charlotte, NC: Information Age Pub Inc.
- NOU (2016). *Mer å hente – Bedre læring for elever med stort læringspotensial*. NOU 2016:14

- NOU (2019). *Nye sjanser – bedre læring. Kjønnforskjeller i skoleprestasjoner og utdanningsløp*. Oslo: NOU 2019:3
- NTB (2014). Nå er jenter bedre enn gutter – også i realfag. *Aftenposten*. Hentet fra <https://www.aftenposten.no/norge/i/wEBoM/naa-er-jenter-bedre-enn-gutter-ogsaa-i-realfag>
- OECD (2003). *PISA 2003 Assessment Framework. Mathematics, Reading, Science and Problem Solving. Knowledge and skills*. Paris: OECD Publications.
- Olsen, R. V. (red.) (2004). *Fysikk for framtiden: En drøfting av og grunnlag for framtidig læreplan i fysikk*. Oslo: Norsk fysikklærerforening.
- Olsen, R. V. & Björnsson, J. (2018). Tjue år med internasjonale skoleundersøkelser i Norge: Bakgrunn, læringspunkter og veien videre. I J. Björnsson & R. V. Olsen (red.), *Tjue år med TIMSS og PISA i Norge. Trender og nye analyser* (s. 12–34). Oslo: Universitetsforlaget.
- Onstad, T. (2010a). Rammeverk og metoder. I L. S. Grønmo, T. Onstad & I. F. Pedersen (red.), *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole* (s. 235–266). Oslo: Unipub.
- Onstad, T. (2010b). Prestasjoner på oppgaver i Geometri. I L. S. Grønmo, T. Onstad & I. F. Pedersen (red.), *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole* (s. 111–130). Oslo: Unipub.
- Onstad, T. & Grønmo, L. S. (2016). Rammeverk og metoder. I L. S. Grønmo, A. Hole & T. Onstad, *Ett skritt fram og ett tilbake. TIMSS Advanced 2015* (s. 149–173). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Onstad, T. & Grønmo, L. S. (2017). Rammeverk og metoder. I L. S. Grønmo & A. Hole (red.), *Prioritering og progresjon i skolematematikken. En nøkkel til å lykkes i realfag* (s. 271–299). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Paulsen, G. E. (2017). *Skolert eller spolert? Om kunnskapens plass i skolen*. Kolofon forlag AS.
- Pedemonte, B. (2007). How can the relationship between argumentation and proof be analyzed? *Educational Studies in Mathematics*, 66, 23–41.
- Pedersen, I. F. (2010). Prestasjoner på oppgaver i Algebra. I L. S. Grønmo, T. Onstad & I. F. Pedersen (red.), *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole* (s. 61–81). Oslo: Unipub.
- Poulsen, S. C. (2010). *Undskyld, vi tog fejl*. Hentet fra <http://politiken.dk/debat/art5597500/Undskyld-vi-tog-fejl>

- Rønning, M. (2011). Who benefits from homework assignments?
Economics of Education Review, 30(1), 55–64.
- Sandstad, E. (2012). «Du tenker mindre på matte'n, egentlig!» Et søkelys på norske elevers bruk av digitale hjelpemidler i matematikk.
Masteroppgave, Universitetet i Oslo.
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions:
Reflections on processes and objects as different sides of the same coin.
Educational Studies in Mathematics, 22(1), 1–36.
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic Status and Academic Achievement:
A Meta-Analytic Review of Research. *Review of Educational
Research*, 75(3), 417–453.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk*.
Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Skogen, K. (2014). Evnerike barn og prestasjoner. I L. S. Grønmo, E. Jahr,
K. Skogen & I. Wistedt (red.), *Matematikktalenter i skolen – hva med dem?*
(s. 37–58). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Skogen, K. & Idsøe, E. C. (2016). *Våre evnerike barn. En utfordring for skolen*.
Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Tall, D. (2014). Making Sense of Mathematical Reasoning and Proof.
I M. N. Fried & T. Dreyfus (red.), *Mathematics and Mathematics
Education: Searching for a Common Ground* (s. 223–235).
Dordrecht: Springer.
- Trautwein, U. (2007). The homework–achievement relation reconsidered:
Differentiating homework time, homework frequency, and homework
effort. *Learning and Instruction*, 17(3), 372–388.
- Utdanning.no (2019). Hva betyr livslang læring? *Utdanning.no*. Hentet fra
https://min.utdanning.no/utdanningsvalg_artikkel_hva_betyr_livslang_laering
- Utdanningsdirektoratet (2016). *Læringsplakaten*.
Hentet fra [https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/
prinsipper-for-opplaringen2/laringsplakaten/](https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/prinsipper-for-opplaringen2/laringsplakaten/)
- Utdanningsdirektoratet (2019a). *Realfagsbarometeret*. Hentet fra
<https://www.udir.no/tall-og-forskning/publikasjoner/real-fagsbarometeret/>
- Utdanningsdirektoratet (2019b). *Tilpasset opplæring for elever
med stort læringspotensial*. Hentet fra
<https://www.udir.no/laring-og-trivsel/tilpasset-opplaring/stort-laringspotensial/>

- Vogt, K. C. (2018). Svartmaling av gutter. *Norsk sosiologisk tidsskrift*, 2.
Hentet fra https://www.idunn.no/norsk_sosiologisk_tidsskrift/2018/02/svartmaling_av_gutter
- White, K. R. (1982). The Relation Between Socioeconomic Status and Academic Achievement. *Psychological Bulletin*, 91(3), 461–481.
- Wistedt, I. (2014). Matematisk begåvade barn i svensk skola. Myter og verklighet. I L. S. Grønmo, E. Jahr, K. Skogen & I. Wistedt (red.), *Matematikk talenter i skolen – hva med dem?* (s. 59–91). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Wæge, K. (2010). Pupils' motivation for learning mathematics: Research in Norway. In B. Sriraman (red.), *The First Sourcebook on Nordic Research in Mathematics Education* (s. 239–258). Information Age Publishing.

Om forfatterne

Liv Sissel Grønmo er cand.scient og førsteamanuensis emerita i matematikkdidaktikk ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS), Universitetet i Oslo (UiO). Hun har utdanning i matematikk, fysikk, IKT, økonomi og skoleutvikling, hovedsakelig fra UiO og noe fra Canada og USA. Hun har vært forskningsleder ved ILS og norsk prosjektleder for internasjonale komparative studier: TIMSS 2003, 2007 og 2011 om matematikk og naturfag i grunnskolen, TIMSS Advanced 2008 og 2015 om matematikk og fysikk siste året i videregående skole, og TEDS-M 2008 om utdanning av lærere i matematikk. Grønmo har erfaring som lærer i skolen og som kommunal veileder i realfag i Lørenskog og Oslo. Hun har arbeidet med grunn- og videreutdanning av matematikklærere i Norge, og holdt vitenskapelige foredrag i land som Japan, New Zealand, USA, Singapore, Slovenia og Sverige. Grønmo var leder for den internasjonale SMIRC-komiteen med ansvar for å utarbeide oppgaver til TIMSS og TIMSS Advanced-studien i 2015. Hennes forskningsinteresser er utvikling av matematisk kompetanse med vekt på aritmetikk og algebra og på matematikk som redskap i andre fag, spesielt i fysikk.

Arne Hole er dr.scient i matematikk og førsteamanuensis i matematikkdidaktikk ved Universitetet i Oslo (UiO). Han har utdanning i matematikk og fysikk fra UiO og er ansatt ved samme institusjon i en delt stilling mellom Institutt for lærerutdanning og skoleforskning og Matematisk institutt. Hole har arbeidet med matematikk i lærerutdanningen siden midten av 90-tallet, først ved Høgskolen i Hedmark, så ved Høgskolen i Oslo og nå ved UiO. Han har vært medlem av den norske prosjektgruppen for studien TIMSS 2011 om matematikk og naturfag i grunnskolen og TIMSS Advanced 2015 om matematikk og fysikk i videregående skole. Han har vært forfatter og medforfatter på flere bøker knyttet til matematikk i høyere utdanning, særlig rettet mot lærerutdanning. Hole ledet gruppen som utviklet de nasjonale retningslinjene for matematikk i grunnskolelærerutdanningen (GLU 1–7 og 5–10) i 2009–10. Han er nå leder av det nasjonale nettverket for matematikk i lærerutdanningen, og han er medlem i den internasjonale SMIRC-komiteen med ansvar for utvikling av oppgaver og rammeverk i matematikk for TIMSS-studiene. Hans forskningsinteresser er bl.a. bruk av matematisk teori i oppgaver innen matematikk og andre fag, samt grunnlagsspørsmål i matematikk og fysikk.

Torgeir Onstad er cand.real i matematikk og pensjonert fra stilling som førstelektor i matematikdidaktikk ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, Universitetet i Oslo (UiO). Han har utdanning i matematikk og fysikk fra UiO og har vært ansatt på Matematisk institutt som bindeledd mellom fagmiljøet og skolen. Onstad har lang erfaring som lærer i matematikk og naturfag i Norge og Tanzania. Han har vært medlem av den norske prosjektgruppen for flere internasjonale komparative studier: TIMSS 2007 og 2011 om matematikk og naturfag i grunnskolen, TIMSS Advanced 2008 og 2015 om matematikk og fysikk i videregående skole, og TEDS-M 2008 om utdanning av lærere i matematikk. Onstad har holdt en rekke etterutdanningskurs, gjesteforelesninger og populærvitenskapelige foredrag i Palestina, Tanzania, Tsjekkia, India, Malaysia og Zambia. Onstad var medlem av den internasjonale SMIRC-komiteen med ansvar for å utarbeide oppgaver til TIMSS 2015 for grunnskolen og TIMSS Advanced 2015 for videregående skole. Han har deltatt i flere forskningsprosjekter i samarbeid med universiteter i Afrika, og har særlig interesse for matematikkens historie og etnomatematikk.

Tor Espen Hagen har sivilingeniørgrad fra Norges Tekniske Høgskole (NTH), Fakultet for fysikk og matematikk. Han er ansatt som lektor i realfag ved Lillestrøm videregående skole hvor han underviser i fysikk og matematikk. Hagen har også undervisningserfaring fra ungdomstrinnet og fra studieprogrammet International Baccalaureate (IB). Som sivilingeniør har han bl.a. jobbet for Statistisk sentralbyrå og konsulentfirmaet Accenture hvor han hadde oppdrag i bedrifter som Statoil, Hydro, Ericsson, Norske Skog og Felleskjøpet. Hagen er blant annet opptatt av variasjon i undervisningen og oppgaver hvor elevene kan utvikle forskjellige metoder og angrepsvinkler for å øke sin forståelse for fysikkfaget.