

# 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](http://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.