

Motivasjon for beregningsorientert biologi og sammenhengen med matematikk R2 fra videregående opplæring

J.Eliassen, M.V.Bøe, L.Nederbragt, M.M.Berg, og T.F.Gregers, *Universitetet i Oslo*

ABSTRACT: Programmering og modellering har i de senere år blitt innført i høyere utdanning og ble innført i skolen med fagfornyelsen fra høsten 2020. Det har skapt behov for mer kunnskap om motivasjon og læring i emner som integrerer programmering som et nytt element i ellers veletablerte fagdisipliner. Denne studien undersøkte motivasjon for beregningsorientering (programmering og modellering) ved studieprogrammet biovitenskap ved Universitetet i Oslo. Spørreundersøkelser basert på Eccles' forventning-verdi-modell ble gjennomført ved semesterstart og -slutt i to påfølgende år, før og etter innføring av krav om matematikk R2 (R2-kravet). Resultatene viste at studentene hadde lavere mestringsforventning og interesse for et emne som integrerer programmering i biologi enn for studieprogrammet generelt. Nytteverdien var den sterkeste motiverende faktoren for emnet. Studenter med matematikk R2 hadde større mestringsforventning til emnet enn de som ikke hadde denne fordypningen, og opplevde mindre utfordring med matematikk og programmering i emnet. Samtidig opplevde disse studentene større utfordring med biologien i emnet, og det viste seg at studenter med full fordypning i matematikk R2 i mindre grad enn studenter uten R2 hadde full fordypning i biologi fra videregående opplæring. Resultatene drøftes i lys av motivasjonsteori med tanke på implikasjoner for undervisning, inntakskrav og videre forskning.

1 INTRODUKSJON

Innføringen av programmering og modellering i skolen og høyere utdanning vil by på både muligheter og utfordringer [1]. Programmering er en ny ferdighet for mange, og det vil ta flere år før effekten av innføringen av programmering i skolen vil ha mye å si for undervisning og tilnærming i høyere utdanning. Blant realfagene ved Universitetet i Oslo (UiO) møter biovitenskap-studentene det beregningsorienterte emnet BIOS1100 – *Innføring i beregningsmodeller for biovitenskap* første semester [2]. Motivasjon er viktig for både trivsel og læring [3]. Sprikende forskning på motivasjon knyttet til programmeringsemner [4-6], og mangel på studier som spesifikt ser på programmering som den del av studieprogrammer i biovitenskap, illustrerer behovet for forskning på området.

I denne studien ser vi på studentenes motivasjon for beregningsorientert biologi generelt, og hvordan den henger sammen med det å ha tatt matematikk R2 i videregående opplæring spesielt. Matematikk har i tidligere forskning vist seg å være en fordel i møte med programmering for første gang [7-10]. Vi har derfor sammenlignet motivasjonen i BIOS1100 før og etter innføring av krav om full fordypning i realfaglig matematikk (R2-kravet) og for studenter med og uten R2 før kravet ble innført [11]. Forsknings spørsmål:

Hvilken motivasjon har studenter for emnet BIOS1100 og for studieprogrammet biovitenskap ved Universitetet i Oslo, og hvordan henger motivasjonen sammen med full fordypning i matematikk?

2 TEORETISKE PERSPEKTIVER

Denne studien bruker motivasjonsteoretiske perspektiver, spesielt Eccles' og kollegers forventning-verdi-modell [12, 13]. Modellen tar for seg hvordan mestringsforventning til en aktivitet, og den subjektive verdien aktiviteten har for studenten, motiverer studenten til deltakelse. Den subjektive verdien kan deles inn i fire: interesseverdi, nytteverdi, personlig identitetsverdi og relativ kostnad. Denne studien fokuserer på de to førstnevnte. *Interesseverdi* gir indre motivasjon [3] og handler om i hvilken grad studenten opplever aktiviteten som interessant og har glede av den i seg selv [13]. For eksempel vil en student som synes en programmeringsoppgave i biologi er spennende knytte interesseverdi til oppgaven. *Nytteverdi* gir ytre motivasjon [3] og handler derimot om i hvilken grad studenten ser aktiviteten som et nyttig middel for å nå et annet mål [13], for eksempel kan studenter tenke at programmeringskunnskaper vil hjelpe dem i en framtidig jobb. Interesse kan endre seg over tid og i møte med ulike opplevelser. For å bedre forstå resultater knyttet til interesse, brukes Hidi og

Renningers fire-fase-modell for interesseutvikling, som skiller mellom situasjonell og individuell interesse [14]. Situasjonell interesse er interesse som oppstår i en gitt situasjon og ofte forsvinner igjen når det som trigget interesse forsvinner. Individuell interesse er mer robust og langvarig. For å kunne forstå resultatene knyttet til mestringsforventning, brukes Banduras mestringsforventningsteori i tillegg til Eccles-modellen. Teorien forklarer hvordan mestringsforventning til en aktivitet er avgjørende for både prestasjoner, utførelse og resultater [15].

3 METODE OG ANALYSE

3.1 Datamateriale

Datamaterialet i denne studien består av besvarelser fra fire spørreundersøkelser som ble avholdt i midtre del av henholdsvis første og siste forelesning i emnet BIOS1100 høsten 2018 (H18) og 2019 (H19). Data er samlet inn med spørreskjema basert på Eccles'-modellen [12, 13] og Vilje-con-valgundersøkelsen [16]. Spørsmålene målte motivasjonsaspektene mestringsforventning, interesseverdi og nytteverdi for emnet BIOS1100 og for studieprogrammet biovitenskap ved UiO. Hoveddelen av spørreskjemaet besto av delspørsmål med en 4-punkts likertskala, der 1 var «ikke viktig/svært liten grad» og 4 var «veldig viktig/svært stor grad». Ti delspørsmål målte motivasjonsaspektene interesseverdi (fire påstander, for eksempel «Emnet kommer til å handle om noe jeg synes er spennende»), mestringsforventning (3 påstander, for eksempel «Jeg kommer til å gjøre det bedre enn de fleste av mine medstudenter») og nytteverdi (3 påstander, for eksempel «Emnet vil gi meg kunnskap og ferdigheter som blir viktig videre i studiet») av programmering og modellering i emnet BIOS1100. Sju delspørsmål målte tilsvarende interesseverdi (4) og mestringsforventning (3) for studieprogrammet. Siden spørsmålene som målte nytteverdien til emnet handlet om emnets nytte for studieprogrammet som helhet, kunne ikke et tilsvarende sett spørsmål lages for nytteverdien til studieprogrammet. De øvrige spørsmålene omhandlet andre aspekter som kunne henge sammen med motivasjonen, som for eksempel forkunnskaper innen biologi og matematikk fra videregående opplæring.

3.2 Analyse

Eksistensen av de tre teoretisk funderte dimensjonene mestringsforventning, interesseverdi og nytteverdi ble validert ved hjelp av eksplorerende faktoranalyse i IBM SPSS Statistics [17]. Tre faktorer for emnet og to faktorer for studieprogrammet ble bekreftet. Samlevariablenes indre konsistens ble målt med Cronbachs alpha. Alle tilfredsstilte kriteriet ($\alpha > 0,7$) [18], bortsett fra mestringsforventning til studieprogrammet som også hadde noe mer uklare faktorløsning ($\alpha = 0,64$). For å kunne sammenligne mestringsforventning for emnet og studieprogrammet ble det likevel laget samlevariabel for mestringsforventning for studieprogrammet, og ekstra forsiktighet er utvist i tolkning av resultatene. Verdiene til samlevariablene er lik det aritmetiske gjennomsnittet av skårene til delspørsmålene.

Effektstørrelser på forskjeller mellom ulike grupper eller samme gruppe ved ulike tidspunkt ble regnet ut ved hjelp av Cohens d [19]. Følgende formel for Cohens d ble brukt:

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_p}, \text{ der } s_p = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2}}$$

Der \bar{X}_1 og \bar{X}_2 er gjennomsnittsverdiene, N_1 og N_2 er antall respondenter og s_1 og s_2 er standardavvikene i henholdsvis gruppe 1 og 2. Størrelsen på forskjellen kan være d -verdier mellom 0 og 2, der $d < 0,5$ er definert som små forskjeller, $0,5 \leq d \leq 0,8$ er middels forskjell og $d > 0,8$ er stor forskjell [19].

4 RESULTATER

Først presenteres generell motivasjon for emnet BIOS1100 og studieprogrammet biovitenskap blant alle studenter ved semesterstart H18 og H19, for å gi et overblikk over den generelle motivasjonen både før og etter R2-kravet ble innført. Deretter sammenlignes resultater for studenter med og uten matematikk R2, og da brukes dataene fra før R2-kravet ble innført (H18). Alle forskjeller oppgis som Cohens d (se analyse). Til slutt ser vi på spesielt på studentenes fagbakgrunn i biologi fra videregående opplæring.

4.1 Motivasjon for emnet BIOS1100 og studieprogrammet biovitenskap

Det var ingen substansiell forskjell i motivasjon for emnet H18 sammenliknet med H19 (Fig. 1). Det var derimot forskjell mellom motivasjon for emnet og for studieprogrammet. Studentene rapporterte større interesseverdi ($d = 1,21$) og mestringsforventning ($d = 0,48$) for studieprogrammet som helhet

enn for emnet. Når det gjaldt emnet, var nytteverdien en sterkere motiverende faktor enn interesseverdien ($d = 1,29$). Alle Cohens d for H19. Det ble ikke spurt om nytteverdi for emnet eller motivasjon til studieprogrammet H18.

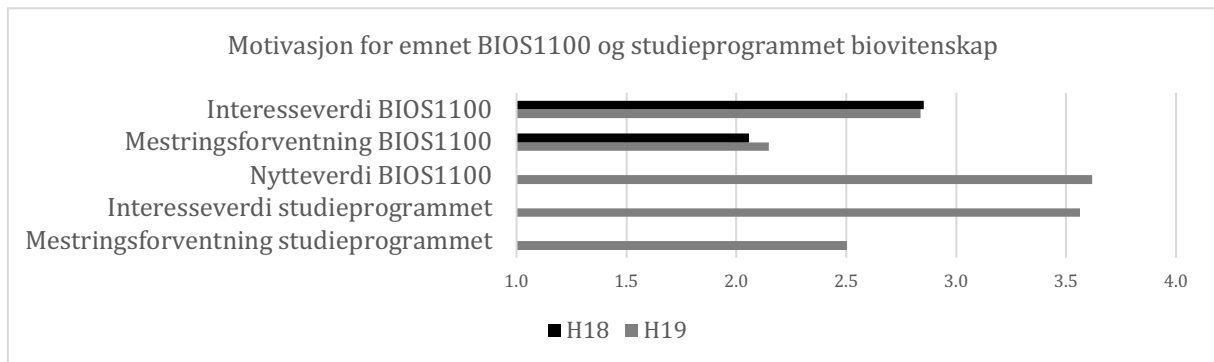


Fig. 1: Gjennomsnittsskår på motivasjonsvariabler H18 og H19 ved semesterstart (SS1). Påstander under overskriften «I hvilken grad er du enig i følgende påstander om deg og emnet BIOS1100/studieprogrammet». H18 N=149, H19 N=99.

Studentene forventet større utfordringer i matematikken i emnet før R2-kravet enn etter ($d = 0,24$) (Fig. 2). Generelt forventet de mindre utfordringer knyttet til biologien enn til programmering ($d = 1,25$) og matematikken ($d = 1,09$) i emnet (oppgitte Cohens d for H19).

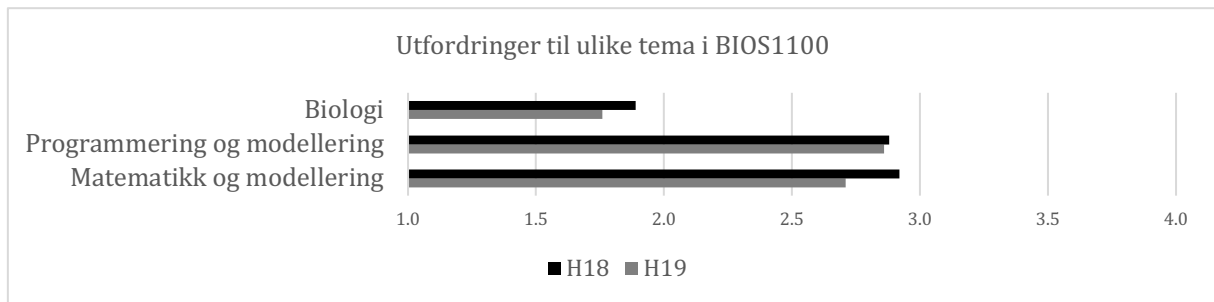


Fig. 2: Gjennomsnittsskår på spørsmålet «I hvilken grad tror du følgende temaer blir en utfordring i emnet BIOS1100?». Alle respondenter ved semesterstart (SS1). H18 N=149, H19 N=99.

Det var flere studenter som valgte tema innen genetikk, celle- og molekylærbiologi sammenliknet med tema innen økologi og evolusjon (Fig. 3). Samtidig krysset svært få studenter av for interesse for programmering og modellering i biologi.

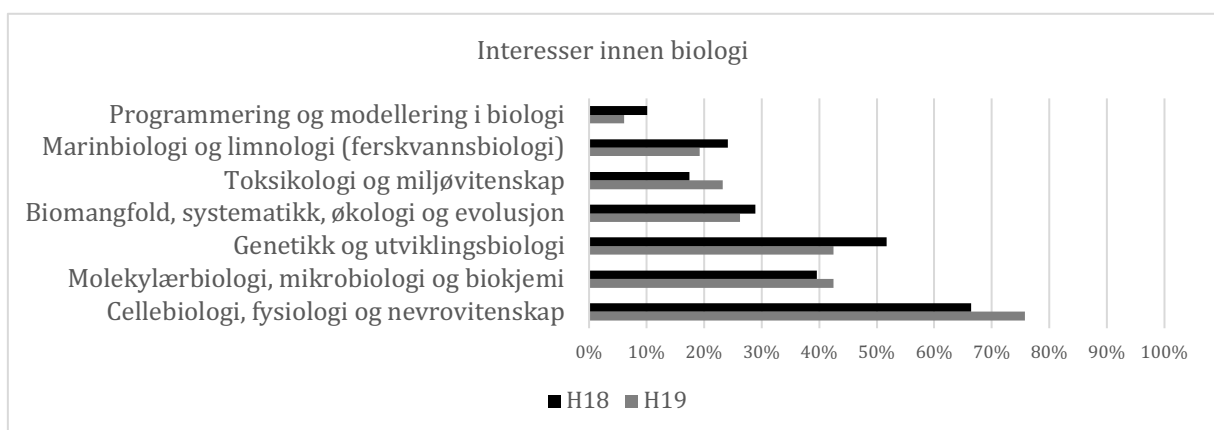


Fig. 3: Andel studenter som krysset av på inntil 3 alternativer på spørsmålet «Hvilke tema er du mest interessert i innen biologi?». Alle respondenter ved semesterstart (SS1). H18 N=149 og H19 N=99.

4.2 Motivasjon for emnet BIOS1100 for studenter med og uten matematikk R2 høsten 2018

Studentene med matematikk R2 uttrykte større mestringsforventning til emnet i slutten av semesteret enn studentene uten matematikk R2 H18 ($d = 0,37$) (Fig. 4). Interessen for emnet var lik for begge grupper både ved semesterstart (SS1) og –slutt (SS2).

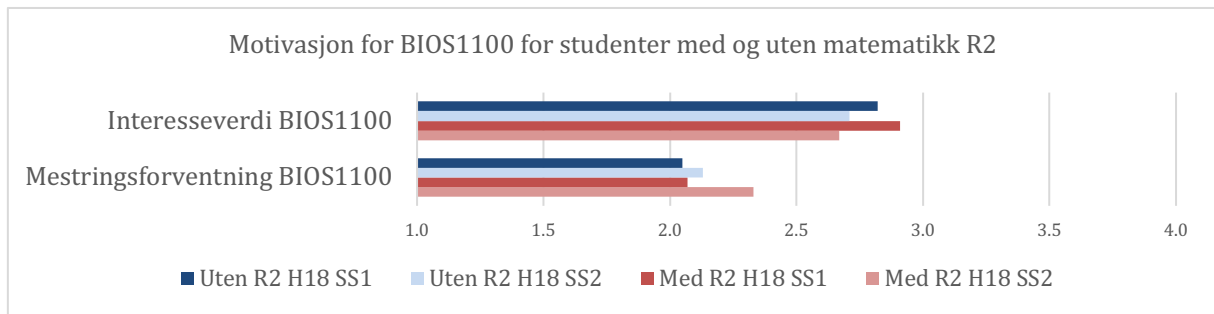


Fig. 4: Gjennomsnittsskår på motivasjonsvariabler for emnet BIOS1100 H18. Svar på påstander under overskriften «I hvilken grad er du enig i følgende påstander om deg og emnet BIOS1100/studieprogrammet». Uten R2 N = 99. Med R2 N = 50.

Studentene uten matematikk R2 så større utfordringer i matematikken i emnet ($d = 0,45$) enn studenter med R2 (Fig. 5). Samtidig så studentene med R2 betydelig større utfordringer knyttet til biologien i emnet ($d = 0,36$) enn studenter uten R2. Vi fant ingen forskjell mellom gruppene med tanke på utfordringer knyttet til programmeringen i emnet.

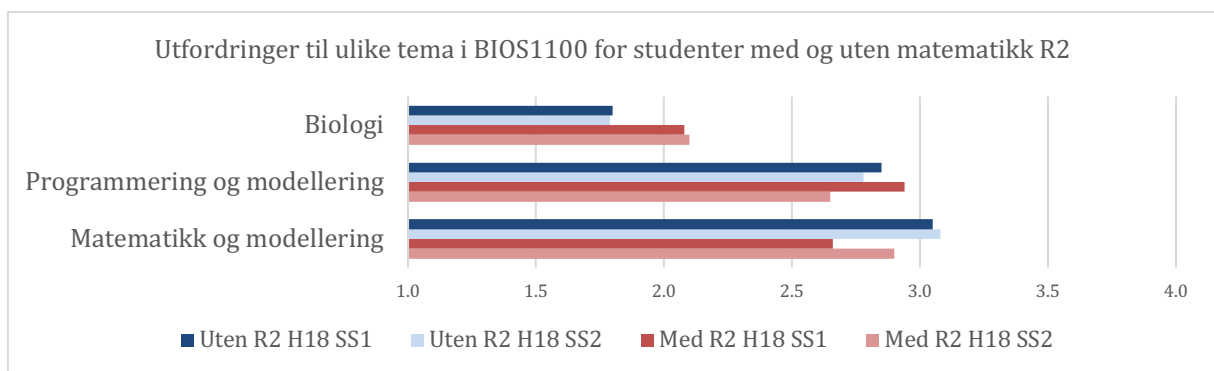


Fig. 5: Utfordringer til ulike tema i BIOS1100 H18. Gjennomsnittsskår på spørsmålet «I hvilken grad tror du følgende temaer blir en utfordring i emnet BIOS1100?». Studenter med og uten R2 H18. Uten R2 N = 99. Med R2 N = 50.

4.3 Fagbakgrunn i biologi fra videregående opplæring

Etter innføring av R2-kravet H19 hadde en mindre andel av deltakerne i vår studie full fordypning i biologi fra videregående opplæring enn året før (65,8% H18 og 59,6% H19). Data fra H18 viste at studenter uten R2 i langt større grad enn studenter med R2 hadde full fordypning i biologi (hhv. 78% og 48 %, se Fig. 6).

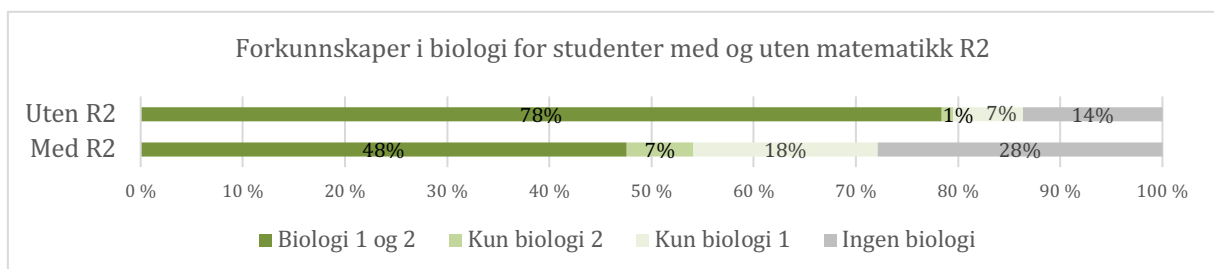


Fig. 6: Forkunnskaper i biologi fra videregående opplæring H18. Uten R2 N = 99. Med R2 N = 50.

5 DISKUSJON OG IMPLIKASJONER

5.1 Motivasjon for beregningsorientert biologi generelt

Studentene som deltok i denne studien uttrykte tydelig en annen motivasjon for programmering og modellering i biologi enn for studieprogrammet som helhet. Den sterkeste motivasjonsfaktoren for studieprogrammet var interesseverdi som gir indre motivasjon, mens motivasjonen for emnet BIOS1100 var dominert av nytteverdi, som gir ytre motivasjon. At studievalget ser ut til å ha vært interessebasert samsvarer med tidligere forskning både i Norge og internasjonalt [16, 20]. Det kan være uheldig for studentenes trivsel og læring at interesseverdien for emnet er såpass mye mindre enn for studieprogrammet, siden interesse gir emosjonell og kognitiv belønning [21], og styrker læring gjennom økt hukommelse, fokus og utholdenhet [14]. Nytteverdien studentene ser i emnet kan likevel ha gitt dem

motivasjon som er hensiktsmessig for læring, hvis den er av en selvbestemt art der målet oppleves personlig verdifullt for studenten og ikke påtvunget [15]. Spørsmålene som inngår i denne motivasjonsvariabelen viser til nytten for det interessebaserte valget om å studere biovitenskap, og kan derfor ses på som personlig verdifullt og selvbestemt [13, 22-24]. Samtidig tilsier resultatene at studentene i mindre grad vil oppleve glede ved læringsaktivitetene i seg selv i BIOS1100 enn i emner på studieprogrammet som de tematisk har større interesse for [24].

Studentene hadde også større mestringsforventning til studieprogrammet enn til emnet BIOS1100. Dette kan ses i sammenheng med at de så større utfordringer knyttet til programmering og matematikk enn til biologien i emnet, og at nettopp programmering og matematikk gjør at BIOS1100 skiller seg ut sammenlignet med andre emner studentene tok samme semester. Mestringsforventning er blant annet basert på i hvor stor grad studentene ser utfordringer knyttet til tema i emnet eller studieprogrammet, men også på hvilke ressurser studentene selv vurderer at de har i form av forkunnskaper [25, 26].

En måte å styrke studentenes motivasjon i BIOS1100 på er å videreutvikle nytteverdien de allerede ser i emnet. Helt konkret kan det handle om å framheve og vise hvordan programmering vil hjelpe dem i kommende emner og oppgaver, gjerne ved at studenter selv får være med og påvirke tema og problemstillinger. Det vil kunne bidra til opplevd relevans og selvbestemmelse, som er viktig for at ytre motivasjon skal fremme læring [15]. En annen tilnærming vil være å prøve å øke interesseverdien, ved å vekke og utvikle studentenes interesse for programmering og modellering i biologi. Det kan for eksempel gjøres ved å hekte programmering konkret på noe de allerede er interessert i for å skape og videreutvikle situasjonell interesse [14]. Dette er allerede innbakt i emnet, siden det er et biologiemne som bruker programmering og modellering som verktøy. Effekten kan bli større av målrettet bruk av temaer studentene uttrykker stor interesse for, og knytte disse til aktuelle temaer som smitte, vaksiner, eller klimaendringer ved direkte samarbeid mellom parallelle emner.

5.2 Studenter med matematikk R2 opplevde større mestring i BIOS1100

I slutten av høstsemesteret 2018 hadde studenter med R2 større mestringsforventning til BIOS1100 enn studenter uten R2. Det tyder på at studentene med R2 hadde opplevd større mestring enn andre studenter underveis i semesteret. Antakelsen støttes av at studenter med R2 rapporterte at de hadde hatt mindre utfordringer med programmering i emnet enn de trodde de ville få ved semesterstart. Matematikk R2 inneholder komponenter som har vist seg å være en fordel når studenter møter programmering for første gang, for eksempel logisk og algoritrisk tenkning [7, 8, 10]. En masteroppgave fant at studentene i BIOS1100 benyttet seg av problemløsningsstrategier kjent fra matematikk og computational thinking når de løste oppgaver [27]. Dette kan bety at ferdigheter fra matematikk R2 kan ha bidratt til at studentene med R2 i snitt opplevde større mestring enn studenter uten R2. Mestringsfølelse kan påvirke engasjement og utholdenhet og er viktig for prestasjoner og gjennomføring [25, 28, 29].

Det er likevel viktig å bemerke at mestringsforventningen til emnet er relativt lav sammenlignet med mestringsforventning til studieprogrammet, selv for studenter med R2. Det kan være flere årsaker til dette, men det kan tenkes at det er stor variasjon i kompetansenivået i R2-gruppa. Når matematikk R2 blir et krav kan det øke sannsynligheten for at elever med lavere interesse og ferdighetsnivå velger faget for å tilfredsstille opptakskravet [22] mer enn fordi de er interessert i det. Dette kan øke sannsynligheten for relativt dårlige resultater i matematikk R2. Preliminære data fra spørreundersøkelser høsten 2020 viser at studentene hadde 0,7 poeng lavere gjennomsnittskarakter (3,6) enn landsgjennomsnittet (4,3) i matematikk R2. Videre analyser av hvordan karakter i R2 henger sammen med både motivasjon og læring kan gi ytterligere kunnskap om hvordan matematikk R2 henger sammen med motivasjon i emnet.

5.3 Krav om matematikk R2 ser ut til å gå på bekostning av forkunnskaper i biologi

Innføring av nye opptakskrav er gjort for å endre studentenes forkunnskaper slik at de er godt rustet til studiet de starter på. Økt mestring i et emne som BIOS1100 er sannsynligvis en ønsket effekt. Samtidig kan R2-kravet ha andre effekter som i mindre grad var ønsket. Våre resultater tyder på at kravet også har ført til svekkete forkunnskaper i biologi. En del studenter høsten 2018 så nemlig ut til å ha valgt full fordypning i matematikk på bekostning av biologi i videregående skole. Disse studentene kan ha prioritert R2 fordi de konkret planla å søke opptak til studier i biovitenskap ved UiO, eller for å holde mulighetene åpne for å søke flere av de mange studieprogrammene med R2-krav [22]. Ved noen skoler kan det også være umulig å kombinere biologi 2 og R2 på grunn av kollisjon på timeplanen [23, 30]. I alle tilfeller betyr resultatet at begynnerstudenter i biovitenskap er dårligere rustet for biologien i studieprogrammet etter at R2-kravet ble innført. Denne tolkningen styrkes av at disse studentene også

opplevde betydelig større utfordringer knyttet til biologien i BIOS1100 enn studenter med full fordypning i biologi. Sånn sett kan vi si at den økte matematikkompetansen til studentene har gått på bekostning av kompetanse i biologi. Videre forskning må til for å se om dette er en vedvarende trend i årene som kommer, og hvilke konsekvenser det kan få for studenters læring og motivasjon i biovitenskap. Tidligere forskning tilsier at både fordypning i biologi [31] og i matematikk [32] er et fortrinn for å lykkes med høyere utdanning i biovitenskap. Da er det et tankekors om et godt grunnlag i matematikk svekker studentenes forkunnskaper i biologi.

I videre vurdering av R2-kravet bør ønskede effekter av kravet diskuteres opp mot hvilke effekter det ser ut til å ha og kunne få. For biovitenskap handler det blant annet om å veie ønsket om bedre mestring av matematikk og programmering på studiet opp mot viktigheten av solide forkunnskaper i biologi.

REFERANSER

1. NOU 2014:7, *Elevenes læring i fremtidens skole – Et kunnskapsgrunnlag*, Kunnskapsdepartementet, Editor. 2014: Kunnskapsdepartementet. p. 111-129.
2. Universitetet i Oslo. *BIOS1100 – innføring i beregningsmodeller for biovitenskap*. 2020; Available from: <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ibv/BIOS1100/>.
3. Ryan, R. and E. Deci, *Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definition and New Directions*. Contemporary Educational Psychology, 2000. **25**: p. 54-67.
4. Bergin, S. and R. Reilly, *The influence of motivation and comfort-level on learning to program*. 2021.
5. Scaico, P.D., R.J.G.B.d. Queiroz, and J.J.L. Dias, *Analyzing How Interest in Learning Programming Changes During a CS0 Course: A Qualitative Study with Brazilian Undergraduates*, in *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. 2017, Association for Computing Machinery: Bologna, Italy. p. 16–21.
6. Wiedenbeck, S., X. Sun, and T. Chintakovid, *Antecedents to End Users' Success in Learning to Program in an Introductory Programming Course*. 2007. 69-72.
7. Gomes, A., et al., *Mathematics and programming problem solving*. 2006.
8. Gomes, A. and A. Mendes, *A study on student's characteristics and programming learning*. 2008.
9. Shute, V., C. Sun, and J. Asbell-Clarke, *Demystifying computational thinking*. Educational Research Review, 2017. **22**.
10. Wilson, B. and S. Shrock, *Contributing to success in an introductory computer science course: A study of twelve factors*. Vol. 33. 2001. 184-188.
11. Samordna opptak. *Endringer i regelverk*. 2019; Available from: <https://www.samordnaopptak.no/info/om/lover-og-regler/endringer/>.
12. Eccles, J., et al., *Expectations, values, and academic behaviors*. 1983. p. 75-146.
13. Eccles, J. and A. Wigfield, *Motivational Beliefs, Values and Goals*. Annual Review of Psychology, 2002. **53**: p. 109-132.
14. Hidi, S. and K.A. Renninger, *The Four-Phase Model of Interest Development*. Educational Psychologist, 2006. **41**(2): p. 111-127.
15. Bandura, A., *Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change*. Advances in Behaviour Research and Therapy, 1978. **1**(4): p. 139-161.
16. Schreiner, C., et al., *Vilje-con-valg: Valg og bortvalg av realfag i høyere utdanning*. Naturfagssenteret, 2010(2/2010): p. 1-12.
17. Field, A.P., *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. 2018.
18. Pallant, J.F., *SPSS survival manual : a step by step guide to data analysis using IBM SPSS / Julie Pallant*. 2016, Sydney: Allen & Unwin.
19. Cohen, J., *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 1988, Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
20. Ulriksen, L., L. Madsen, and H. Holmegaard, *The First-Year Experience: Students' Encounter with Science and Engineering Programmes*. 2015. p. 241-257.
21. Schunk, D.H., P.R. Pintrich, and J.L. Meece, *Motivation in Education: Theory, Research and Applications*. 2008: Pearson College Division.
22. Bøe, M., *Science choices in Norwegian upper secondary school: What matters?* Science Education, 2012. **96**: p. 1-20.
23. Ramberg, I., *Realfag eller ikke? Elevers motivasjon for valg og bortvalg av realfag i videregående opplæring*. NIFU STEP, 2006.
24. Deci, E.L. and R.M. Ryan, *Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health*. Canadian Psychology/Psychologie canadienne, 2008. **49**(3): p. 182-185.
25. Bong, M. and E. Skaalvik, *Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really?* Educational Psychology Review, 2003. **15**: p. 1-40.

26. Skaalvik, E. and S. Skaalvik, *Motivasjon for læring*. 2015, Oslo: Universitetsforlaget.
27. Rudberg, S. *Relevansen av kompetansen fra matematikk R2 i beregningsorientert biologi*. 2020; Masteroppgave]. Available from: <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/79793/Relevansen-av-kompetansen-fra-matematikk-R2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
28. Bandura, A., *Self-efficacy: The exercise of control*. Self-efficacy: The exercise of control. 1997, New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co. ix, 604-ix, 604.
29. Schunk, D. and C. Mullen, *Self-Efficacy as an Engaged Learner*. 2012. p. 219-235.
30. Smyth, E. and C. Hannan, *School effects and subject choice: The uptake of scientific subjects in Ireland*. School Effectiveness and School Improvement - SCH EFFECTIVENESS SCH IMPROV, 2006. **17**: p. 303-327.
31. Loehr, J.F., et al., *High school and college biology: a multi-level model of the effects of high school courses on introductory course performance*. Journal of Biological Education, 2012. **46**(3): p. 165-172.
32. McMillan, J. and D. Edwards, *Performance in first year mathematics and science subjects in Australian universities: Does senior secondary mathematics background matter?*, in *Improving Learning*. 2019, The Australian Council of Deans of Science (ACDS): Camberwell.