

Magnus Hovli Sørensen
Høgskulen på Vestlandet
Jon Ingulf Medbø
Høgskulen på Vestlandet

DOI: <https://doi.org/10.5617/adno.9268>

I hvilken grad påvirker omvendt undervisning elevenes læringsutbytte i matematikk på 9. trinn sammenlignet med tradisjonell undervisning?

Sammendrag

Matematikk-kunnskapene til norske elever har fått mye oppmerksomhet de siste årene på grunn av resultatene i TIMSS og PISA. Flere studier viser til at omvendt undervisning gir økt læringsutbytte i matematikk. I denne studien ble et kvasieksperiment ($n = 269$) gjennomført for å sammenligne læringsutbytte av omvendt undervisning ($n = 117$) og tradisjonell undervisning ($n = 152$) over åtte uker. Elever på niende trinn ble testet i to deler i matematikk (1. overflate og volum og 2. formlighet og pytagoras). Elevenes matematikk-kunnskap ble målt ved en pretest-posttestdesign i to omganger der elevens post-pre differanse (endring) er brukt som det primære målet på læringsutbyttet. Elevene ble videre klassifisert som høyt-, middels- og lavtpresterende etter standpunkt-karakteren (henholdsvis 5 og 6; 3 og 4 og 1 og 2). En direkte tolkning av resultatene taler for større læringsutbytte ved tradisjonell undervisning. Et nærmere blikk på dataene viser at elevene som fulgte tradisjonell undervisning (særlig middels- og høyt-presterende elever), startet på et lavt nivå og har derfor hatt et større rom til forbedring. I løpet av undervisningsperioden har disse elevene forbedret seg mer, men bare opp mot nivået til de elevene som fulgte omvendt undervisning. For begge undervisningsoppleggene var det størst forbedringer for de høytpresterende elevene og minst for de lavtpresterende. Resultatene tyder ikke på at det er en påviselig forskjell i utbyttet av de to undervisningsoppleggene for studiens elevgruppe.

Nøkkelord: omvendt undervisning; kvasieksperiment; ungdomsskolen (14–15 år); *Campus Inkrement*; læringsutbytte; matematikk

To what extent does flipped classroom teaching affect students' learning outcomes in 9th grade mathematics compared to traditional teaching?

Abstract

The mathematics knowledge of Norwegian students has received much attention in recent years due to the results in TIMSS- and PISA-examinations. Several studies indicate that flipped classroom-teaching provides increased learning outcomes in mathematics.

In this study, a quasi-experiment ($n = 269$) was conducted to compare the learning outcomes of flipped classroom ($n = 117$) and traditional teaching ($n = 152$) over eight weeks. The students were tested in two sub-courses in mathematics for the ninth grade (1. surface area and volume and 2. similar shapes and pythagorean theorem). The students' mathematical knowledge was measured using a pretest-posttest design in two rounds where the student's post-pre difference (change) is used as the primary measure of the learning outcome. The students were further classified as high-, medium- or low-performing according to the final grade (respectively 5 and 6; 3 and 4 and 1 and 2 in the Norwegian grade system). A direct interpretation of the results suggests better learning outcomes from traditional teaching. A closer look at the data shows that the students who followed traditional teaching (especially middle- and high-performing students) started at a quite low level and consequently had more room for improvement. During the teaching period, these students improved more, but only up towards the level of the students who followed the flipped classroom. For both teaching programs the improvement was largest for the high-performing students and least for the low-performing ones. The results do not indicate that there is a detectable difference in the outcomes of the two teaching programs for the participants in this study.

Keywords: Flipped classroom; quasi-experiment; lower secondary school (14-15 years); *Campus Inkrement*; learning outcomes; mathematics.

Innledning

Omvendt undervisning, også kjent som *flipped classroom teaching*, har vært diskutert i norske og utenlandske skoledebatter (Bishop & Verleger, 2013). Kort fortalt handler omvendt undervisning om at introduksjonen til et nytt tema skjer utenfor fellesundervisningen, i motsetning til tradisjonell undervisning der et nytt tema blir introdusert av læreren i fellesundervisningen (Bishop & Verleger, 2013).

Matematikk-kunnskapene til norske elever (10-15 år) har fått mye oppmerksomhet de siste årene på grunn av resultatene i TIMSS og PISA (Bergem et al., 2016; Kjærnsli & Jensen, 2016). Norske elever har prestert under gjennomsnittet i matematikk på TIMSS og PISA i mange år, noe som har resultert i større oppmerksomhet rundt undervisningsmetoder i faget (Grønmo, 2004). Likevel har elever på ungdomsskolen hatt en jevn fremgang fra 2003 til 2015 (Bergem, 2016; Kjærnsli & Jensen, 2016) og en forbedring på den nylige TIMSS-testen Norge kom i 2019 (Kaarstein, H., Radišić, J., Lehre, A.C., Nilsen, T. & Bergem, O.K., 2020).

Flere studier har funnet at mange elever opplever negative erfaringer med matematikk og advarer mot at negative erfaringer over tid kan forhindre elever i å velge realfag i høyere utdanninger (Ogden, 2015). Det har vist seg at negative erfaringer ofte har ført til mindre gode resultater (Barslund, 2012). Matematikk spiller en viktig rolle både for individet og for samfunnet (Hoyles, Morgan & Woodhouse (1999). Det er derfor viktig å få en positiv erfaring slik at flere ønsker å ta realfag i høyere utdanning.

Elever som benytter omvendt undervisning har ofte positive erfaringer og foretrekker metoden (Anderson & Brennan, 2015; Aşıksoy & Özdamlı, 2016; Braun et al., 2014; Carney et al., 2015). Ford (2015) har foreslått at omvendt undervisning kan øke elevens selvtillit og kunnskap i faget. I matematikk har omvendt undervisning vist økt læringsutbytte i den videregående skolen (Haavold, 2019; Hamdan et al., 2012) og i ungdomsskolen (Bhagat, Chang & Chang, 2016; Salimi & Yousefzadeh, 2015). Lo og medarbeiderne (2017) fant økt læring ved bruk av omvendt undervisning i en metastudie fra barneskolen til voksenopplæring. Videre har ulike studier undersøkt hvilke elevgrupper som har størst utbytte av omvendt undervisning. Bidwell (2014) påpeker at svake elever har størst utbytte av omvendt undervisning i motsetning til det Wei og medarbeiderne (2020) har funnet. Metoden har også sterk teoretisk støtte i høyere utdanninger der det er vist positive resultat (Naccarato & Karakok, 2015). Selv om det foreligger nok forskning på høyere utdanninger til å tilrå bruk av omvendt undervisning, er det mindre forskning i bruk av omvendt undervisning på ungdomsskolenivå.

Denne studien har derfor undersøkt bruk av omvendt undervisning på ungdomsskolen i faget matematikk. Læringsutbyttet til to grupper av elever på 9. trinn der den ene gruppen har benyttet tradisjonell undervisning og den andre omvendt undervisning, er undersøkt i to sentrale emner i matematikk. Omvendt undervisning i matematikk er definerer etter 1) elevsentrert læringsaktiviteter i fellesundervisningen og 2) undervisningsfilmer utenfor fellesundervisningen (Bishop & Verleger, 2013). Studien undersøker dette forskningsspørsmålet: *I hvilken grad påvirker omvendt undervisning elevenes læringsutbytte i matematikk på 9. trinn sammenlignet med tradisjonell undervisning?* Vi har også sett på mulige forskjeller i læringsutbytte mellom elever på ulike prestasjonsnivåer (høyt, middels og lavt).

Tidligere forskning på bruk av omvendt undervisning

Begrepet omvendt undervisning, på engelsk *flipped classroom*, blir av Lage, Platt og Treglia (2000) er definer som: «Inverting the classroom means that events that have traditionally taken place inside the classroom now take place outside the class and vice versa" (s. 32). Poenget er at den tradisjonelle teoriundervisningen der læreren snakker og elevene lytter, blir flyttet ut av fellesundervisningen og erstattes med samarbeidslæring, dybdelæring og veiledning. Målet er ikke å erstatte læreren, men å flytte grunnleggende teori utenfor fellesundervisningen slik at fellesundervisningen kan fokusere på elevsentrerte læringsaktiviteter (Bishop & Verleger, 2013). Bishop og Verleger (2013) mener med et mer moderne syn at omvendt undervisning også innebærer bruken av film utenfor undervisningen for å skille dette fra den tradisjonelle hjemmeleksen. Dette betyr at elevene først ser en kort filmsnutt hjemme før undervisningen, og i denne filmen blir et nytt tema eller en ny ide introdusert. Deretter begynner fellesundervisningen på skolen der

elevene diskuterer, reflekterer og jobber med oppgaver i grupper eller alene. Ifølge Krumsvik og Jones (2016) finner man i de fleste studier at omvendt undervisning bygger på de konstruktivistiske og sosiokulturelle læringsteoriene til Piaget og Vygotskij (Krumsvik & Jones, 2016). Innen det sosiokulturelle perspektivet bygger læring på bruk av språk, deltakelse og samhandling i et sosialt felle-skap. Konstruktivistisk læringssyn handler først og fremst om at mennesket konstruerer sin egen kunnskap gjennom en aktivitet der subjektive prosesser fører til læring. I motsetning til tradisjonell undervisning bidrar den interaktive klasseromsaktiviteten i omvendt undervisning til at læreren opptrer mer som en veileder. Den digitale læringsplattformen som ble benyttet i denne studien (*Campus Inkrement*) legger til rette for interaktiv klasseromsaktivitet i diskusjonsoppgavene. Eleven har mulighet til å gripe inn og styre i programmet. Det kan være gunstig fordi det fins flere eksempler på at elever lærer mer når de er deltakende og aktive i prosessen enn passive (Gauci, Dantas, Williams & Kemm, 2009; Thaman, Dhillon, Saggar, Gupta & Kaur, 2013).

Fellesnevneren for tidligere forskning er at studiene ofte har undersøkt læringsutbytte ved bruk av en kvasiekperimentell forskningsdesign. Det vil konkret si at undervisningssituasjonen blir mindre påvirket enn ved et ekte eksperiment (Haavold, 2019). Flere studier viser positive resultat ved omvendt undervisning i matematikk (Bhagat et al., 2016; Bidwell, 2014; Gauslå, 2020; Hamdan et al., 2012; Haavold, 2019; Lo et al., 2017; Salimi & Yousefzadeh, 2015; Wei et al., 2020). Studien til Haavold (2019) har vist signifikant forbedring på læringsutbyttet i en matematikk-klasse (16-17 år) på videregående skole som benyttet omvendt undervisning, sammenlignet med tradisjonell undervisning. Haavold (2019) brukte *Campus Inkrement* som digital læringsplattform for den omvendte undervisningen. Elevene hadde praktisert *Campus Inkrement* i ett år før forsøksperioden. Den studien gikk over et helt skoleår og definerte omvendt undervisning slik Bishop og Verleger (2013) gjorde det.

En metaanalyse ble foretatt på 61 studier i perioden 2012–2016 der 21 studier kom frem til statistisk signifikant og positiv effekt på elevers prestasjon i matematikk med omvendt undervisning (Lo et al., 2017). Dette gjaldt på tvers av ulike temaer som algebra, geometri og statistikk. Studien baserte seg på ulike land og aldersgrupper (6 år og oppover) fra barneskolen, høyere utdanninger og voksenopplæring. Studier gjort på 14-15 år gamle elever i ungdomsskolen har også vist at omvendt undervisning kan gi læringsutbytte. Ifølge Bhagat og medarbeiderne (2016) og Salimi og Yousefzadeh (2015) hadde elevene på ungdomsskolen bedre læringsutbytte med omvendt undervisning i matematikk enn elevene med tradisjonell undervisning. Studiene benyttet også pretest-posttestdesign for å måle læringsutbytte over henholdsvis seks og åtte uker. Omvendt undervisning har vist positive resultat både for svake og sterke elever (Bhagat et al., 2016; Salimi & Yousefzadeh, 2015).

Omvendt undervisning har vært brukt på elever ved Byron High School i Minnesota (13–16 år). I 2006 var det kun 30 % av elevene som bestod statens matematikktest (Mathematics MCA Item Samplers) (Hamdan et al., 2012, s. 7–8). I 2009 startet skolen med omvendt undervisning, og i 2011 bestod 74 % av elevene statens matematikktest. Det ble også funnet fordeler for lavt-presterende elever i studien til Bhagat og medarbeiderne (2016) og Bidwell (2014) som undersøkte utbytte ved bruk av omvendt undervisning i matematikk sammenliknet med tradisjonell undervisning. Videre ga omvendt undervisning også størst læringsutbytte for høyt-presterende elever i et nyere arbeid (Gauslå, 2020). Gauslå (2020) intervjuet en lærer som hadde erfart at høyt-presterende elever (13 år) ofte utvikler seg mer enn det lavt-presterende elever gjør. Læreren mente videre at undervisningsmetoden ikke spiller så stor rolle for de lavt-presterende elevene siden nivået deres ikke har løftet seg like mye som hos de høyt-presterende elevene. Wei og medarbeiderne (2020) gjorde lignende funn på ungdomsskolen (13–16 år) med signifikant forskjell mellom sterke og svake elever, til fordel for de sterke elevene.

Flere studier viser til kriterier for at omvendt undervisning skal fungere på elevers læringsutbytte (Chen, 2016; Cheng et al., 2019; Lo et al., 2017; Olsen & Naas, 2015). Utfordringer som har blitt nevnt i metaanalysen til Lo, Hew og Chen (2017), er elevens manglende kjennskap til metoden ($n = 26$ undersøkelser), og videre lærerens innsats og engasjement ($n = 21$). Dette ble tatt frem som to avgjørende punkt i metaanalysen. Videre trekkes det frem andre viktige prinsipper som burde implementeres i undervisningen, som å starte timen med utgangspunkt i videoleksjonene, videre en kommunikasjonsplattform der elevene kan stille spørsmål hvis de får problemer med oppgavene hjemme, og til slutt diskusjonsoppgaver der elevene er med på å løse utfordringen i små grupper (Lo et al., 2017). Likevel kan det variere fra elev til elev hvor fort de tilpasser seg metoden (Chen, 2016). Cheng, Ritzhaupt & Antenenko (2019) gjorde en metaanalyse der det viste seg at studier som opererte med mindre enn et åtte ukers undervisningsopplegg, oftere fikk kunstig store positive resultat til fordel for omvendt undervisning, sammenliknet med studier som gikk over åtte uker eller mer. Det ble også konkludert at omvendt undervisning passet best i «logiske fag» som matematikk og naturfag og mindre i karakteristiske «lesefag» (Cheng et al., 2019; Olsen & Naas, 2015, s. 83).

Selv om studier indikerer økt læringsutbytte i omvendt undervisning, er det også studier som har påvist negativ eller tilnærmet ingen særskilt effekt. I flere studier indikerer elever at omvendt undervisning kan virke forstyrrende, upersonlig, lite håndfast og mindre tilfredsstillende enn tradisjonell undervisning (Chen, 2016; Clark, 2015; Graziano & Hall, 2017). I studien til Chen (2016) gav elevene uttrykk for at de var mindre fornøyde med omvendt undervisning enn med tradisjonell undervisning. Elevene hadde vanskeligheter med å akseptere den nye metoden og å sette seg inn i nytt fagstoff hjemme, noe de ikke var vant til. Dette resulterte i at elevene hadde vanskeligheter med å delta aktivt i fellesundervis-

ningen (Chen, 2016). På ungdomsskolen viser flere studier til at omvendt undervisning i matematikk ikke nødvendigvis fører til bedre læringsutbytte enn med tradisjonell undervisning (Clark, 2015; Graziano & Hall, 2017). Clark (2015) testet omvendt undervisning på elever i alderen 13–15 år i algebra over syv uker. Opplegget hjemme varierte mellom video, podkast og lesing der fellesundervisningen var rettet mot praktisk arbeid med virkelighetsnære oppgaver. Det ble gjennomførte en pretest-posttestdesign som resulterte i likt læringsutbytte for de elevene som benyttet tradisjonell og omvendt undervisning (Clark, 2015). Graziano og Hall (2017) gjennomførte også et omvendt undervisningsprogram i matematikk over ett skoleår. Elevene i studien så enten videoen i fellesundervisningen, utenfor eller etter fellesundervisningen.

For å oppsummere har tidligere forskning vist at praksisen rundt omvendt undervisning er ulikt. Det som har kjennetegnet studier som har fått positiv effekt, er at elevene først har sett en video hjemme før de har diskutert og arbeidet med tematikken videre på skolen, individuelt eller i små grupper. Diskusjonene har også tatt utgangspunkt i videoleksjonene. De studiene som har fått lik eller negativ effekt, har variert mellom video, podkast og lesing hjemme eller sett videoene til ulike tidspunkt. Omvendt undervisning ser også ut til å gi større læringsutbytte for både svake og sterke elever sammenlignet med tradisjonell undervisning. Usikkerheten rundt omvendt undervisning ligger rundt praksisen i fellesundervisningen og opplegget utenfor fellesundervisningen. Dette handler om hva som blir fokusert på utenfor fellesundervisningen og hvordan dette blir fulgt opp når elevene og læreren samles.

Metode

Utviklingen i matematisk kunnskap og ferdigheter er undersøkt for mer enn 200 elever i niende klasse. Elevene ble undervist i to utvalgte emner i matematikk, enten som omvendt undervisning eller som tradisjonell undervisning. Prestasjonsforbedringene i løpet av undervisningsperioden er sammenliknet for de to gruppene. Resultatene på standardiserte prøver er samlet inn elektronisk for videre statistisk bearbeiding.

Utvalg

I studien deltok totalt fem ungdomsskoler på Vestlandet. Det var til sammen 11 klasser, 269 elever og åtte faglærere i matematikk på 9. trinn (14-15 år). Forsøksgruppen bestod av 117 elever, fordelt på fire skoler, seks klasser og fem lærere. Kontrollgruppen bestod av 152 elever, fra én skole, fem klasser og tre lærere. To skoler i forsøksgruppen hadde benyttet *Campus Inkrement* i forkant av prosjektet, der henholdsvis 11 elever hadde benyttet Campus i ett år og 17 elever i tre måneder før prosjektstart. De resterende 89 elevene hadde brukt *Campus Inkrement*, men ikke like strukturert. Skolene er offentlige ungdomsskoler i Norge der alle

elevene har hatt tradisjonell undervisning som den dominerende undervisningsmetoden. Skolene ble rekruttert via muntlig presentasjon av prosjektet over telefon til utøvende rektor, etterfulgt av e-post med et opplysnings-skriv. Rektor videre-sendte skrivet til faglærere på 9. trinn, og de tok videre kontakt hvis de var interessert. Lærerne på skolen valgte selv om de ville delta i forsøksgruppen eller kontrollgruppen.

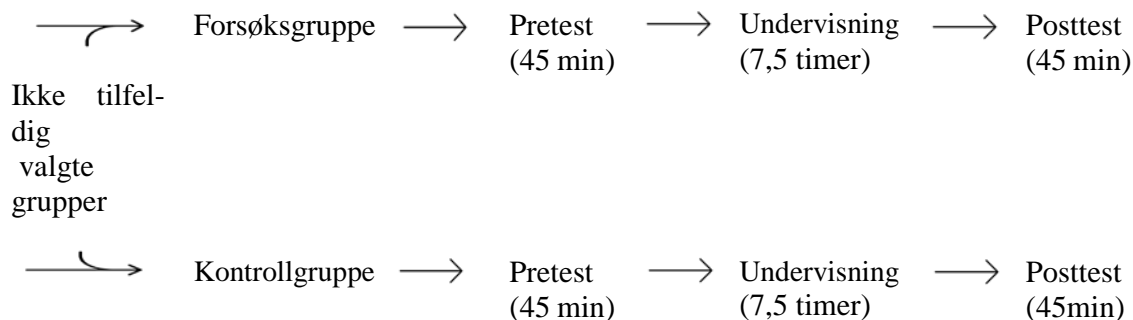
Etikk

Studien har fulgt føringer fra NESH (2016, 2003) på hvordan en bør ivareta informantene. Den er videre godkjent av Norsk senter for forskningsdata ([NSD](#), prosjektnummer 517070). Mer konkret har lærere, elever og foresatte godkjent studien skriftlig der deltakerne ble informert om deres rettigheter i et opplysnings-skriv. Videre ble personopplysninger avidentifisert og behandlet konfidensielt. Det ble opprettet en kodenøkkel som koblet barnets navn til testresultatet og til nasjonale prøver. Studien sikrer anonymitet ved at opplysninger er presentert på gruppenivå der kun ikkeidentifiserbart materiale er publisert.

Design

For å undersøke læringseffekten ble det benyttet en kvasiexperimentelt design med endringer fra pretest til posttest som utfallsmål. Det ble gjennomført i to emner: 1) Overflate og volum og 2) Formlikhet og pytagoras. Forsøksperioden gikk over åtte uker høsten 2020. Kvasiexperiment design sammenligner to grupper som får ulik behandling, men hvor valget av hvilke personer som får hvilken behandling ikke er tilfeldig (Shadish et al., 2002). Målet er et opplegg som kontrollerer for mulige forstyrrende forhold som kan påvirke resultatet. En viktig fordel med denne designen er at den vil skape en mer naturlig testsituasjon der elevene beholder sin opprinnelige klasse. Ved at elevene beholder klassen, er det lettere å gjennomføre forskning ved at skolen går som vanlig (Haavold, 2019). En ulempe er at tildelingen av behandling ikke er randomisert.

For å måle læringsutbytte ble det gjennomført en matematikktest før opplæringen, og den samme testen ble brukt igjen etter. Differansen i resultatet på de to testene er som nevnt utfallsmålet. Resultatet for de to gruppene sammenlignes for å se om læringsutbyttet skilte seg mellom dem. Begge gruppene gjennomførte pretest-posttestdesignen som vist i figur 1. Kontrollgruppen hadde tradisjonell undervisning, mens forsøksgruppen hadde omvendt undervisning.



Figur 1: Pretest – posttestdesign med ikke ekvivalente grupper

Begge gruppene startet med en pretest i emnet overflate og volum med en tidsbegrensning på 45 min. Det ble fulgt av til sammen 7,5 timer undervisning i emnet fordelt på åtte uker. Så ble den samme prøven gitt igjen som posttest på 45 min. Etter at posttesten for overflate og volum var gjennomført, gikk elevene direkte videre til pretest i formlighet og pytagoras med tilsvarende gjennomføring som i emne 1. Dette tilsvarte i alt ni timer per emne, slik at forsøksperioden med emne 1 og 2 gikk over totalt 18 timer medregnet tid til prøvene. Fast undervisningstid ble bestemt for å sikre at alle elevene skulle ha likt grunnlag til posttest.

Undervisningsopplegg

Elevene i *forsøksgruppene* så en kort instruksjonsfilm hjemme før undervisningen. I fellesundervisningen diskuterte klassen utfordrende problem i felleskap for deretter å jobbe individuelt eller sammen i små grupper med oppgaver fra *Campus Inkrement*. Mer konkret startet læreren med å avklare misforståelser fra oppgavene knytt til videoene hjemme. Videre handlet 2/3 av fellesundervisningen om diskusjonsoppgaver i *Campus Inkrement* der elevene sammen skulle reflektere seg frem til løsningen gjennom diskusjon. Elevene gikk over til oppgaveløsning hvis det ble tid til overs.

Undervisningen av elevene i *kontrollgruppene* fulgte stort sett et mønster med at læreren først introduserte nytt teoristoff i fellesundervisningen, og deretter jobbet elevene individuelt eller i små grupper. På slutten av timen oppsummerte læreren og ga repeterende oppgaver i hjemmelekse. I en typisk 45 min skoletime gikk 15 min til å introdusere nytt fagstoff, 25 min med individuelt eller arbeid i grupper og 5 min til oppsummering og avslutning. Lærerne krysset av for hvilke aktiviteter som ble gjennomført hver time.

Instrument og analyse

Pretest-posttest

Det ble utformet to sett med prøver der den samme testen ble brukt både før og etter undervisningen i emnet. Elevene besvarte testen digitalt som et spørreskjema utarbeidet i programmet [SurveyXact](http://SurveyXact.no) (SurveyXact.no). De fikk tilsendt en lenke til spørreskjemaet på e-post. Oppgavene i form av spørsmål i spørreskjemaet var fordelt likt med flervalgsoppgaver og oppgaver der elevene selv måtte regne ut svar. Testene ble utviklet i samarbeid med alle faglærerne, både i kontrollgruppen og forsøkegruppen, og de bestod av:

Pretest 1 og posttest 1 for emne overflate og volum med 16 oppgaver (Vedlegg 1).

Pretest 2 og posttest 2 for emne formlikhet og pytagoras med 16 oppgaver (Vedlegg 2).

Flere studier har påpekt at en bør benytte standardiserte tester fordi spesiallagde tester ofte kan gi en kunstig høy effekt (Kulik & Fletcher, 2015; Ma et al., 2014; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013, 2014). For å unngå kunstig høy effekt ble det benyttet oppgaver til studiens tester fra kapittelprøver og oppsummeringsprøver fra [Kikora](http://Kikora.no) (Kikora.no) og [Campus Inkrement](http://CampusInkrement.no) (Campusinkrement.no). Oppgavene er standardiserte og bygger på trinnvis tilnærming slik at eleven skal ha mulighet til å finne ut av fremgangsmåte og formler underveis. Rekkefølgen på oppgavene er hentet fra *Kikora* og *Campus Inkrement*. Videre tok matematikktesten utgangspunkt i kompetansemålene for 9. trinn i matematikk og TIMSS sitt rammeverk for kognitive kategorier. Dette rammeverket bryter kompetansen ned i tre kognitive kategorier: å kunne, å anvende og å resonnerer. Den første *å kunne* betyr å huske fakta, kjenne igjen objekter og beherske de fire regneartene for heltall, brøk, desimaltall, samt å hente informasjon fra tabeller og diagrammer. Den andre *å anvende* går på å bruke ferdigheter og kunnskap til å velge fremgangsmåte, følge instruksjoner og løse rutineproblemer. Den tredje *å resonnerer* går ut på å tenke logisk der eleven analyserer situasjoner og sammenhenger, evnen til å generalisere, kombinere informasjon og begrunne påstander og løse problemer som ikke er rutinepreget. Testen tar dermed utgangspunkt i fakta, teknikker, problemløsning, resonnering og argumentasjon (Grønmo et al., 2013; Niss & Jensen, 2002).

På slutten av hver posttest rangerte elevene «vist kunnskap» på en skala fra 1 til 6. Skalaen ble kodet om fra en tallskår til prosent ved $Y = 100/5 \cdot (X - 1)$ der X er skåren på en skala 1–6 og Y er skåren for graden av mestring i prosent av maksimalt mulig. De som fulgte omvendt undervisning, mente at de fikk vist i gjennomsnitt over 60 % av sin kunnskap ved posttestene, mens gruppen som fulgte tradisjonell undervisning, mente de fikk vist litt over 50 % i gjennomsnitt. Forskjellen mellom de to gruppene er statistisk signifikant forskjellig ($p < 0,001$). Dette samsvarer relativt godt med elevens faktiske prestasjon på posttestene (OU = 54 %, TU = 47,5 %). Forskjellen er henholdsvis 11,3 og 6,5 prosentpoeng.

Data-analyse

Resultatene ble overført fra SurveyXact til regnearket Excel for videre bearbeiding. I regnearket ble hvert svar automatisk kodet om til 1 for riktig og 0 for feil, og summen av rette svar er elevens skår på den aktuelle prøven. Denne kodingen ble brukt også for de oppgavene der eleven skulle regne ut svaret selv. Dette opplegget ble valgt for å unngå behov for menneskelig tolkning av svarene i større grad. Mer konkret var oppgavene nøye konstruert og bearbeidet slik at det var tydelig å se om elevene hadde regnet feil eller kun gjort en liten regnefeil. På enkelte oppgaver kunne svarene variere noe om elevene brukte alle desimalene i enkelt svar eller for pi. Eksempelvis kunne et svar være 1800 cm^2 , enkelte elever svarte $1798,8 \text{ cm}^2$ og fikk riktig. Elever som ikke fikk riktig på denne, hadde tydelig andre svar og dermed gjort større regnefeil. Et tydelig eksempel er hvis en elev tar radius ganger høyden for å finne volumet til en sylinder. På en annen side vil læreren få et tydeligere bilde av elevens kunnskap ved å se hele utregningen. På denne måten kan det synliggjøres i større grad om eleven har tenkt riktig, men fortsatt fått feil. Det ble likevel gjort en grundig vurdering av både svaralternativene i forkant av testen og på svarene i Excel for å korrigere for denne type testing.

Først ble endringen post-pre-resultatet regnet for resultatene for hver person, og det er disse skårene som er brukt i de videre analysene. For å undersøke om det er statistisk signifikant forskjell mellom læringsutbytte mellom elevene som fulgte omvendt undervisning og tradisjonell undervisning, ble det brukt en *t*-test på endringene. Det er i tillegg brukt kovariansanalyse (ANCOVA) som en ekstra kontroll (Breukelen, 2013; Dimitrov & Rumrill, 2003, s. 161). Den avhengige variabelen i kovariansanalysen var posttestresultatet i emne 1 og 2, kovariaten var resultat pretest i det tilsvarende emnet, mens den uavhengige (dikotome) variabelen var tradisjonell undervisning eller omvendt undervisning (gruppene). Videre ble elevene delt inn i tre kategorier: lavt- (karakter 1 og 2), middels- (3 og 4) og høytpresterende (5 og 6) elever etter standpunktkarakter. Skolekarakterene og resultatet på nasjonale prøver ble sendt ved to separate dokument fra lærerne, ett med nummer og navn og et annet med nummer og karakter. Undergruppene ble videre analysert og sammenlignet med *t*-tester for å undersøke om enkelte undergrupper kan ha påvirket resultatet ytterligere. Der det har vært usikkerhet om dataene tillater bruk av vanlige tester bygd på normalfordelte data (enkelte undergrupper, få representanter), er disse dataene undersøkt med Shapiro-Wilks test, QQ-plott mot normalfordelingen og i tillegg testet med Wilcoxon-Mann-Whitney test. Disse ekstra kontrollene har ikke påvist problemer med dataene eller gitt avvikende resultat.

Korrelasjonsanalyse med Pearsons korrelasjonskoeffisient ble brukt for å undersøke likhet/ulikhet mellom gruppene og testvaliditeten (Medbø, 2018, s. 312). Statistiske analyser ble gjennomført i statistikkprogrammet JASP versjon 0.14.1.

Reliabilitet og validitet

Alle svar ble som forklart over ble kodet automatisk. Det er derfor grunn til å mene at menneskelige (subjektive) vurderinger ikke kan ha skapt vansker med reliabiliteten for resultatene.

I et kvasieksperiment vet en ikke om gruppene virkelig er sammenlignbare (Kleven et al., 2011, s. 117). For å sikre god validitet benyttet studien et validitetssystem utformet av Shadish, Cook og Campell (2002) for å undersøke om omvendt undervisning har en påvirkning på elevenes læringseffekt. Studien benytter et signifikansnivå på 5 % og har over 30 observasjoner i hver gruppe som er stort nok til å fange en sammenheng og gi en praktisk betydning (Høgheim, 2020, s. 82; Larsen, 2017, s. 38).

I kvasieksperimentelle studier kan det oppstå skjevhet, blant annet fordi elevgrupper på de ulike skolene ofte ikke er like (Shadish et al., 2002, s. 53). Det ble derfor samlet inn standpunktkarakterer og resultater på nasjonale prøver for å undersøke eventuelle systematiske forskjeller mellom gruppene i en korrelasjonsanalyse. Til tross for en felles likhet i sammenligningsdata kan det eksistere systematiske forskjeller som ikke fanges opp, og som kan påvirke resultatene i studien (Shadish et al., 2002, s. 53). Tidligere studier har undersøkt at enkelte elevgrupper basert på karakter har hatt ulik effekt. For å fange opp ytterligere potensielle forskjeller ble elevgruppene delt inn i tre karakterkategorier for å se om enkelte undergrupper kan ha påvirket det endelige resultatet. Studien har brukt selvseleksjon der faglærerne selv har valgt å delta i kontrollgruppe eller forsøksgruppe. Selvseleksjon kan være med å redusere oppfattelsen som urettferdig (Grønmo, 2004, s. 115; Lund, 2002, s.120), men det kan samtidig gi systematiske forskjeller mellom gruppene som kunne ha vært unngått med randomisering.

Resultat

Før opplæringer greide eleven i gjennomsnitt 4–6 av 16 oppgaver (tabell 1). Etter gjennomført opplæring greide elevene i gjennomsnitt om lag 8 av 16 oppgaver; forbedringen er i gjennomsnitt tre poeng ($p < 0,001$). Av 1038 gjennomføringer var det ingen elever som fikk null poeng, mens tre fikk maksimal poengskår. Alle maksskårene ble gjort på posttest. En kan med dette konkludere med ingen vesentlige gulv- eller takeffekter i studien.

Tabell 1. Sammenfatning av resultatene fra undersøkelsen. Videre resultatet av t-outvalgs *t*-tester ved sammenlikning av resultatet av de to gruppene.

Variabler	Omvendt undervisning (OU)			Tradisjonell undervisning (TU)			<i>t</i> -test for forskjell OU mot TU	95 % KI for gjennomsnittsdifferansen	
	Gj.snitt skår	<i>s</i>	<i>n</i>	Gj.snitt skår	<i>s</i>	<i>n</i>		<i>p</i>	Nedre
Pretest 1	6,3	2,5	117	4,7	1,9	152	<0,001	1,05	2,12
Posttest 1	8,5	3,5	117	7,5	3,2	152	0,02	0,18	1,80
Endring 1	2,2	2,4	117	2,8	2,8	152	0,06	-1,24	0,02
Pretest 2	5,5	3,3	104	3,8	2,1	146	<0,001	0,97	2,42
Posttest 2	8,7	4,2	104	7,8	3,9	146	0,09	-0,13	1,91
Endring 2	3,1	2,7	104	3,9	3,2	146	0,03	-1,55	-
									0,07
Samlet pretest 1, 2	6,0	2,6	117	4,2	1,6	155	<0,001	1,14	2,11
Samlet posttest 1, 2	8,5	3,6	117	7,6	3,2	155	0,026	0,11	1,86
Samlet endring 1, 2	2,6	2,0	117	3,3	2,5	155	0,009	-1,34	-
									0,27

s betyr standardavvik; *p*-verdi (signifikanssannsynligheten); 95 % KI 95 % konfidensintervall. Maksimalskåren på hver test var 16 poeng.

De som fulgte omvendt undervisning, skåret gjennomgående høyere enn det de som fulgte tradisjonell undervisning gjorde. Det gjelder både for resultatene før og etter gjennomført undervisning. De som fulgte tradisjonell undervisning, har på den andre siden forbedret seg noe mer i begge emnene i løpet av undervisningsperioden.

Som en ekstra kontroll ble dataene analysert om igjen ved hjelp av kovariansanalyse der utfallsvariabelen var posttestresultatet, mens kovarianten (det som det ble kontrollert for) var pretestresultatet. Disse analysene viste for det første at det var systematiske forskjeller mellom de to gruppene i læringsutbyttet tatt som endringen i prestasjonen ($p = 0,03$). Analysene viste også resultatene posttest avhang systematisk av pretestresultatene. Det vil si at de som var forholdsvis gode (svake) på forhånd også var det etter gjennomført undervisning.

Det er videre undersøkt om det er systematiske forskjeller i utviklingen for ulike undergrupper av elever klassifisert etter skolekarakter (høy, middels og lav; se tabell 2).

Tabell 2. Testresultat til høyt, middels og lavt-presterende elever i begge gruppene

Prestasjonsnivå	Gruppe	Antall	Pretest		Posttest		Endring	
			Gj.snitt skår (s)	<i>p</i>	Gj.snitt skår (s)	<i>p</i>	Gj.snitt skår (s)	<i>p</i>
Høyt	OU	44	8,2 (2,4)	0,0	11,5 (2,9)	0,42	3,4 (1,7)	<
	TU	25	6,2 (2,0)	01	12,0 (2,4)		5,8 (2,2)	0,001
Middels	OU	63	4,7 (1,6)	0,0	6,9 (2,5)	0,28	2,2 (1,9)	0,002
	TU	101	4,1 (1,3)	2	7,3 (2,4)		3,2 (2,1)	
Lavt	OU	7	3,5 (1,1)	0,4	3,7 (1,7)	0,43	0,3 (2,3)	0,33
	TU	25	3,0 (1,0)	3	4,3 (1,9)		1,3 (2,0)	

Verdiene er gjennomsnittet av resultatet for de to emnene (1. overflate og volum; 2. formlighet og pytagoras). OU er omvendt undervisning; TU er tradisjonell undervisning; høyt er karakter 5 og 6; middels er karakter 3 og 4; lavt er karakter 1 og 2; *s* betyr standardavvik; *p*-verdi (signifikanssannsynligheten). Maksimalskåren på hver test var 16 poeng.

Tabellen viser en klar tendens til jo sterkere eleven er, jo større er forbedringen fra pretest til posttest. Videre ser vi at middels- og spesielt høytpresterende elever blant de som fulgte tradisjonell undervisning, skåret vesentlig lavere på pretestene enn den tilsvarende elevgruppen som fulgte omvendt undervisning. Disse elevene i tradisjonell undervisning forbedret seg mye. Middels- og spesielt høytpresterende elever som fulgte tradisjonell undervisning, trekker dermed læringsutbyttet (endring) opp i kontrollgruppen. Når en ser på posttestresultatene, har elevene som fulgte tradisjonell undervisning, forbedret seg opp til det samme nivået som de som fulgte omvendt undervisning; TU-gruppen har ikke passert prestasjonsnivået til OU-gruppen.

Antall elever i hver undergruppe er ulikt mellom de to forsøksgruppene. Det er flere høytpresterende og færre lavtpresterende elever blant de som fulgte omvendt undervisning, enn blant de som fulgte tradisjonell undervisning. Når det er særlig de høyt-presterende eleven som forbedret seg mest, skulle denne forskjellen isolert sett tale for større forbedring for elever som fulgte omvendt undervisning enn elever som fulgte tradisjonell undervisning. På den andre siden var utgangspunktet for elevene som fulgte tradisjonell undervisning lavere enn for elevgruppen i omvendt undervisning. Elevgruppen med tradisjonell undervisning har da forbedret seg vesentlig mer enn det elever med et tilsvarende prestasjonsnivå i omvendt undervisning har. Det er denne virkningen som dominerer utfallet.

Diskusjon

Dette arbeidet har undersøkt læringsutbyttet i matematikk av to undervisningsopplegg målt gjennom standardiserte matematikkoppgaver for elever i niende klasse. Hovedfunnene er for det første at de elevene som fulgte tradisjonell undervisning, startet på et lavere nivå men forbedret seg mer enn de elevene som har

fulgt omvendt undervisning gjorde. Et annet viktig funn er at forbedringen var større for faglig sterke elever enn for faglig svake elever som fulgte det samme undervisningsopplegget.

Alder på elevene

Resultatene i dette arbeidet tyder isolert sett på et mindre læringsutbytte for elever som fulgte omvendt undervisning. Dette strider mot tidligere forskning som har brukt omvendt undervisning i matematikk ved høyere utdanninger etter definisjonen til Bishop og Verleger (2013). Likevel samsvarer resultatene med studier som har undersøkt omvendt undervisning på ungdomsskolen i matematikk (Clark, 2015; Graziano & Hall, 2017). Her ga omvendt undervisning dårligere resultat enn forventet av hva andre studier har funnet med samme definisjon. Elevens alder eller mer konkret, deres modenhetsnivå og grad av selvstendighet, kan være en grunn til resultatene. Det krever mer selvdisiplin å se video hjemme enn å få introduksjonen i klasserommet der læreren fysisk følger opp. Det kan tenkes at elever i høyere utdanninger ofte tar mer ansvar for egen læring eller forbereder seg mer til undervisningen enn det elever på ungdomsskolen gjør. Svært få studier har undersøkt ungdomsskoleelever. Resultatene våre kan tyde på at elevene på ungdomsskolen ikke er modne nok for denne type undervisning. Det er da nærliggende å tro at det gjelder også for elever på lavere nivå. Det kan også tyde på at omvendt undervisning skal brukes i den norske grunnskolen, må elevene trenes, kanskje over lengre tid, til å greie å jobbe selvstendig hjemme.

Undergrupper som kan påvirke resultatet

For begge undervisningsgruppene var forbedringen størst for de høytpresterende elevene og minst for de lavtpresterende. Det resultatet strider mot tidligere forskning der omvendt undervisning har gitt størst læringsutbytte til svake elever sammenliknet med det tradisjonell undervisning har gitt på elever fra 13-16 år (Bhagat et al., 2016; Bidwell, 2014; Hamdan et al., 2012). Resultatene samsvarer på den andre siden med studiene til Wei og medarbeiderne (2020) og Gauslå (2020) der middels- og høytpresterende elever utviklet seg mer enn det lavtpresterende elever gjorde.

Lavt-presterende elever

Forbedringen var tilnærmet lik for de lavtpresterende elevene for begge undervisningsmetodene. Her ga omvendt undervisning dårligere resultat enn forventet på svake elever. Det var bare syv lavtpresterende elever som fulgte omvendt undervisning, og det lille antallet gjør at de resultatene må tolkes med forsiktighet. For disse elevene var det ikke tegn til forbedring i løpet av undervisningsperioden. Det vil igjen si at det ikke har vært noe påviselig utbytte av omvendt undervisning for disse elevene. Det kan være at disse elevene har hatt liten evne eller vilje til å tilpasse seg metoden, og at det igjen har påvirket resultatet. Som nevnt over kunne kanskje en lengre forsøksperiode hjulpet disse elevene til å tilpasse seg metoden

og igjen få positivt utbytte av omvendt undervisning. Det kan tyde på at lavtpresterende elever trenger lengre tid å tilpasse seg nye metoder og vaner for å få effekt.

Middels- og høytpresterende elever

Forbedringen blant sterke elever var størst i tradisjonell undervisning. Her ga resultatene på pretestene blant middels- og høytprestrende elever før gjennomføringen av tradisjonell undervisning lave resultat. Elever som fulgte tradisjonell undervisning, har dermed hatt et større forbedringspotensial enn det elever ved omvendt undervisning har hatt. Elevene i tradisjonell undervisning har ikke passert de i omvendt undervisning, men de har kommet opp på samme nivå. Det kan tyde på at de som fulgte tradisjonell undervisning, startet på et lavere nivå, også kan være årsaken til den større forbedringen. Hadde tradisjonell undervisning virkelig vært bedre, kunne en ha ventet at resultatene etter intervensjonsperioden hadde vært bedre enn for de elevene som fulgte omvendt undervisning. Det at elevene i tradisjonell undervisning forbedret seg mer, kan også tyde på at videoene og diskusjonsoppgavene i Campus Inkrement ikke støtter elever på middels og høyt nivå like godt som det tradisjonell undervisning gjør. Ofte kan faste videoer og diskusjonsoppgavene bli rettet inn mot en metode eller oppleves rutinepreget i større grad enn ved tradisjonell undervisning. Ved at det er faste videoer og diskusjonsoppgaver, kan dette oppleves som rutinepreget og mindre utforskende og variert enn tradisjonell undervisning. Det kan tenkes at høytpresterende elever kan miste motivasjonen ved rutinepreget arbeid der det også er en bestemt måte å løse problemet på.

Begrensninger i studien

Selv om studiens resultat samsvarer med tidligere forskning fra ungdomsskolen (Clark, 2015; Gauslå, 2020; Graziano & Hall, 2017), er det begrensninger som gjør det vanskelig å generalisere. For det første var det svært få lavtpresterende elever i omvendt undervisning ($n = 7$) som skulle sammenlignes med tradisjonell undervisning ($n = 23$). Ved å ha flere lavtpresterende elever i omvendt undervisning ville sammenligningsgrunnlaget vært bedre, og resultatet til enkeltelever kunne ikke påvirke resultatet i like stor grad. For det andre skåret middels- og høytpresterende elever i tradisjonell undervisning vesentlig lavere enn tilsvarende prestasjonsgrupper i omvendt undervisning gjorde på pretestene. Det at elevene i tradisjonell undervisning startet på et vesentlig lavere nivå, er en mulig årsak til den større forbedringen. Varierende gruppestørrelser og pretestskårer har derfor begrenset studien. Det er en ulempe som kan opptre ved kvasiekperimentelle undersøkelser (Shadish et al., 2002), og denne ulempen ser ut til å ha slått inn her (Kleiven, 2011). Som nevnt før har et kvasiekperimentelt opplegg den fordel at det fører til mindre inngrep i elevens hverdag, blant annet ved at det ikke bryter opp den etablerte skoleklassestrukturen.

En kunne ha redusert problemet med ulike gruppestørrelser og pretestskårer om det var brukt en overkrysningsdesign, men det lot seg ikke gjøre her. I en overkrysningsstudie ville elevene ha byttet undervisningsopplegg halvveis slik at elevene som hadde fulgt tradisjonell undervisning i emne én, ville ha fulgt omvendt undervisning i emne to, og omvendt. Med dette kan man undersøke samme elevgruppe opp mot hverandre med to forskjellige undervisningsopplegg (Hem & Jacobsen 2012).

En annen forklaringer på resultatet kan ha med ulikt antall faglærere og skoler i de to gruppene. Kontrollgruppen kom fra én skole med tre faglærere, forsøksgruppen bestod av fire skoler og fem lærere. Det er nærliggende å tro at det er lettere å samarbeide mellom lærere på den samme skolen enn med lærere på ulike skoler. På den annen side er det er det ingen tydelige tegn eller teoretisk forankring på at dette har direkte påvirkning, men tas likevel frem som en mulig begrensning på grunnlag av skille i gruppene.

Videre kan elevens manglende kjennskap til omvendt undervisning i forkant av forsøksperioden ha påvirket resultatet. I denne studien var 76 % av elevene som fulgte omvendt undervisning (89 elever) delvis kjent med omvendt undervisning, men bare 14 % (17 elever) hadde brukt omvendt undervisning systematisk i tre måneder og 10 % (11 elever) systematisk i ett skoleår. Bishop & Verleger (2013) og Lo og medarbeiderne (2017) har vist at elevens kjennskap til omvendt undervisning er viktig for å oppnå høyere læringsutbytte. I studien til Haavold (2019) som fikk positiv effekt av metoden, hadde elevene benyttet omvendt undervisning i ett skoleår før forsøksperioden startet. Likevel kan tiden variere fra elev til elev når de har tilpasset seg metoden (Chen, 2016). Kjennskap til bruken av omvendt undervisning ble dratt frem som en viktig faktor for læringseffekten til elevene (Lo et al., 2017). Det ble likevel trukket frem av faglæreren i studien at de opplevde lærings situasjonen som reell i forsøksperioden, og at elevene tok *Campus Inkrement* og omvendt undervisning kjapt.

En annen forklaring kan være studiens tester. Flere studie påpeker at en burde benytte standardiserte tester fordi spesiallagde tester ofte kan gi en høy kunstig effekt (Kulik & Fletcher, 2015; Ma et al., 2014; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013, 2014). Ma og medarbeiderne (2014) fant likevel ikke et signifikant skille mellom resultatet fra standardiserte og spesiallagde prøver. En spesiallaget prøve vil kanskje være bedre egent til å måle læring på et gitt tema med bestemte læringsmål, i motsetning til standardiserte tester som ofte tar for seg større deler av pensum. Dette kan potensielt ta bort noe av læringseffekten ved intervensjonen. Ved spesiallagde tester kan faglærerne være med i utformingen av testen. I mange tilfeller kjenner lærerne elevene godt, og dette kan være med på å få frem større dekningsgrad.

Konklusjon

En direkte tolkning av resultatene taler for større læringsutbytte med tradisjonell undervisning. Elevene som fulgte tradisjonell undervisning (særlig middels- og høytpresterende elever), startet lavt og forbedret seg mye. Disse elevene kom opp på det samme nivået som til de elevene som fulgte omvendt undervisning. Resultatene har to ulike mulige tolkinger. Det kan være at tradisjonell undervisning faktisk er bedre enn det omvendt undervisning er for elever i ungdomsskolen. Det kan også være at den større forbedringen for elevene som fulgte tradisjonell undervisning, er en følge av at mange av disse elevene startet på et lavt nivå og derfor hadde større rom for forbedring. For videre forskning bør en prøve å benytte en overkrysningsstudie der gruppene bytter undervisningsopplegg halvveis. Det kan motvirke det problemet som ligger innebygd i kvasiekperimentelle forsøk og som i dette tilfellet har slått ut både ved at middels- og høytpresterende elever i kontrollgruppen skåret lavt på begge pretestene i hvert delemnene, og ved at det var svært få lavtpresterende elever i gruppen som fulgte omvendt undervisning.

Om forfatterne

Magnus Hovli Sørensen har vært masterstudent ved lærerutdanninga ved Høgskolen på Vestlandet avd. Sogndal. Han jobber i undervisningssektoren med utvikling av kurs og digitalisering av Forsvarets dykkerutdanning
Institusjonstilknytning: Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett, Høgskulen på Vestlandet, Postboks 7030, 5020 Bergen, Norge
E-post: Magnus.hovli.s@gmail.com

Jon Ingulf Medbø er professor ved Høgskulen på Vestlandet (avdeling Sogndal), Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett. Han underviser i matematikk, statistikk og kvantitativ metode, naturfag (kropp og helse) og i idrettsfag (idrettsfysiologi, treningslære). Han har publisert mer enn femti i internasjonale tidsskrift med fagfelle vurdering
Institusjonstilknytning: Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett, Høgskulen på Vestlandet, Postboks 7030, 5020 Bergen, Norge
E-post: jonim@hvl.no

Referanser

- Anderson, L. & Brennan, J. P. (2015). An Experiment in “Flipped” Teaching in Freshman Calculus. *PRIMUS*, 25(9–10), 861–875. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1059916>
- Aşıksoy, G. & Özdamlı, F. (2016). Flipped classroom adapted to the ARCS model of motivation and applied to a physics course. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(6), 1589–1603.
- Barlund, S. (2012). *Hvordan motivere elever i skolen: Motivasjon, prestasjon og individuelle forskjeller* (Masteravhandling). Universitetet i Oslo, Oslo.
- Bergem, O. K. (2016). Hovedresultater i matematikk. I O. K. Bergem, H. Kaarstein, & T. Nilssen (red.), *Vi kan lykkes i realfag* (1. utg., s. 22–44). Universitetsforlaget.
- Bergem, O. K., Kaarstein, H. & Nilssen, T. (2016). *Vi kan lykkes i realfag: Resultater og analyser fra TIMSS 2015* (1. utg.). Universitetsforlaget.
- Bhagat, K. K., Chang, C.-N. & Chang, C.-Y. (2016). The Impact of the Flipped Classroom on Mathematics Concept Learning in High School. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 134–142.
- Bidwell, A. (2014, 5. august). Flipped Classroom May Help Weaker STEM Students. *US News & World Report*. Hentet fra <http://www.usnews.com/news/stem-solutions/articles/2014/08/05/taking-a-page-from-humanities-college-engineering-gets-flipped>
- Bishop, J. L. & Verleger, M. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, Atlanta, GA.
- Braun, I., Ritter, S. & Vasko, M. (2014). Inverted Classroom by Topic—A Study in Mathematics for Electrical Engineering Students. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 4(3), 11–17.
- Broekelen, G. J. P. van. (2013). ANCOVA Versus CHANGE From Baseline in Nonrandomized Studies: The Difference. *Multivariate Behavioral Research*, 48(6), 895–922. <https://doi.org/10.1080/00273171.2013.831743>
- Carney, D., Ormes, N. & Swanson, R. (2015). Partially Flipped Linear Algebra: A Team-Based Approach. *PRIMUS*, 25(8), 641–654. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1047545>
- Chen, L.-L. (2016). Impacts of Flipped Classroom in High School Health Education. *Journal of Educational Technology Systems*, 44(4), 411–420. <https://doi.org/10.1177/0047239515626371>
- Cheng, L., Ritzhaupt, A. D. & Antonenko, P. (2019). Effects of the flipped classroom instructional strategy on students’ learning outcomes: a meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 67(4), 793–824. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9633-7>
- Clark, K. R. (2015). The Effects of the Flipped Model of Instruction on Student Engagement and Performance in the Secondary Mathematics Classroom. *Journal of Educators Online*, 12(1), 91–115.
- Cook, T. D. & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings* (s. XII, 405). Houghton Mifflin Co.
- Dimitrov, D. M. & Rumrill, P. D. (2003). Pretest-posttest designs and measurement of change. *Work (Reading, Mass.)*, 20(2), 159–165.
- Ford, P. (2015). Flipping a Math Content Course for Pre-Service Elementary School Teachers. *PRIMUS*, 25(4), 369–380. <https://doi.org/10.1080/10511970.2014.981902>
- Gauci, S., Dantas, A., Williams, D. & Kemm, R. (2009). Promoting student-centered active learning in lectures with a personal response system. *Advances in physiology education*, 33, 60–71. <https://doi.org/10.1152/advan.00109.2007>

- Gauslå, S. (2020). *Omvendt undervisning i matematikk: En studie av elevers oppfatninger av omvendt undervisning i matematikk* (Masteravhandling). University of Agder, Kristiansand
- Graziano, K. J. & Hall, J. D. (2017). Flipping Math in a Secondary Classroom. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 36(1), 5–16.
- Grønmo, L. S. (2004). *Hva i all verden har skjedd i realfagene?: Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003* (1. utg.). Oslo: Universitetet i Oslo.
- Grønmo, L. S., Lindquist, M., Arora, A. & Mullis, I. V. S. (2013). TIMSS 2015 Mathematics Framework. I I.V.S. Mullis & M.O. Martin (red.), *TIMSS 2015 mathematics framework* (kap.1). Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Hamdan, N., Mcknight, P., Mcknight, K. & Arfstrom, K. M. (2013). The Flipped Learning Model: A white paper based on the literature review titled a review of flipped learning. Hentet fra: https://flippedlearning.org/wpcontent/uploads/2016/07/WhitePaper_FlippedLearning.pdf
- Hem, E. & Jacobsen, G. W. (2012). Overkrysningsstudie fremfor kryssforsøk. *Tidsskrift for Den norske legeforening*. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.12.0295>
- Hoyles, C., Morgan, C. & Woodhouse, G. (1999). *Rethinking the Mathematics Curriculum*. Psychology Press.
- Høgheim, S. (2020). *Masteroppgaven i GLU* (1. utgave.). Fagbokforlaget.
- Haavold, P. Ø. (2019). I hvilken grad påvirker omvendt undervisning elevenes matematikkunnskap og oppfatninger om matematikk? *Acta Didactica Norge*, 13(1), 4-19. <https://doi.org/10.5617/adno.4797>
- Kaarstein, H., Radišić, J., Lehre, A.C., Nilsen, T. & Bergem, O.K. (2020). TIMSS 2019. Kortrapport. Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, Universitetet i Oslo.
- Kjærnsli, M. & Jensen, F. (2016). *Stø kurs- Norske elevers kompetanse i naturfag, matematikk og lesing i PISA 2015*(1. utg.). Universitetsforlaget.
- Kleven, T. A., Tveit, K. & Hjørdemaal, F. (2011). *Innføring i pedagogisk forskningsmetode: En hjelp til kritisk tolking og vurdering* (3. utgave.). Fagbokforlaget.
- Krumsvik, R. J. & Jones, L. Ø. (2016). Flipped classroom i naturfag—Finnes det en sammenheng mellom omvendt undervisning (flipped classroom) og elevprestasjoner i naturfag? *Norsk pedagogisk tidsskrift*, 100(01), 61–73. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2987-2016-01-07>
- Kulik, J. & Fletcher, J. D. (2015). Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 86,42-78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
- Lage, M. J., Platt, G. J. & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30–43. <https://doi.org/10.2307/1183338>
- Larsen, A. K. (2017). *En enklere metode: Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode* (2. utg.). Fagbokforlaget.
- Lo, C. K., Hew, K. F. & Chen, G. (2017). Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education. *Educational Research Review*, 22, 50–73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.002>
- Lund, T. (2002). *Forskningsprosessen* (s. IV, 188). Unipub.
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C. & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918. <https://doi.org/10.1037/a0037123>
- Mathematics MCA Item Samplers. (d.d.). Minnesota | Mathematics MCA Item Samplers. Hentet 4. mai 2021 fra <http://minnesota.pearsonaccessnext.com/item-samplers/math/>

- Medbø, J. I. (2018). *Innføring i statistikk og dataanalyse for studenter i idretts- og helsefag*. Cappelen Damm akademisk.
- Naccarato, E. & Karakok, G. (2015). Expectations and implementations of the flipped classroom model in undergraduate mathematics courses. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(7), 968–978. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1071440>
- Niss, M. & Jensen, T. H. (2002). Kompetencer og matematiklæring: Idéer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark. *Undervisningsministeriet*, 18.
- Ogden, L. (2015). Student Perceptions of the Flipped Classroom in College Algebra. *PRI-MUS*, 25(9–10), 782–791. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1054011>
- Olsen, J. S. & Naas, N. (2015). *The flipped classroom: Om teknokulturell dannelse og omvendt undervisning i fremtidens klasserom* (Masteravhandling). Høgskolen i Telemark, Telemark.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance*. Gallimard.
- Salimi, A. & Yousefzadeh, M. (2015). The Effect of Flipped Learning (Revised Learning) on Iranian Students' Learning Outcomes. *Advances in Language and Literary Studies*, 6(5), 209–213.
- Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Steenbergen-Hu, S. & Cooper, H. (2013). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on K–12 students' mathematical learning. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 970–987. <https://doi.org/10.1037/a0032447>
- Steenbergen-Hu, S. & Cooper, H. (2014). meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 106, 331–347. <https://doi.org/10.1037/a0034752>
- Thaman, R., Dhillon, S., Saggarr, S., Gupta, M. & Kaur, H. (2013). Promoting active learning in respiratory physiology – Positive student perception and improved outcomes. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 3(1), 27–34.
- Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wei, X., Cheng, I.-L., Chen, N.-S., Yang, X., Liu, Y., Dong, Y., Kinshuk. (2020). Effect of the flipped classroom on the mathematics performance of middle school students. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1461–1484. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09752-x>