

ONLINE REMEDIËRING WISKUNDE **AAN DE UGENT ONDER DE LOEP** LEARNING ANALYTICS VAN DE LEERPADEN NEWTON EN ISAAC

Aantal woorden: 11060

Janis Baeten

Studentennummer: 01306959

Promotor(en): Prof. dr. ir. Jan Baetens, ir. Marlies De Clercq

Onderwijsonderzoeksproject: Verkorte Educatieve Masterproef (9SP) voorgelegd tot het behalen van de graad van Educatieve Master in de Wetenschappen en Technologie

Academiejaar: 2023 – 2024

VOORWOORD

Al duizenden jaren klagen volwassenen over de jeugd van tegenwoordig, zoals geïllustreerd door het onderstaande citaat.

The children now love luxury; they have bad manners, contempt for authority; they show disrespect for elders and love chatter in place of exercise. Children are now tyrants, not the servants of their households.

They no longer rise when elders enter the room. They contradict their parents, chatter before company, gobble up dainties at the table, cross their legs, and tyrannize their teachers.

- Socrates (469-399 B.C)

Ik ben blij dat ik me mocht omringen door volwassenen die hun energie hier niet teveel aan verspillen, maar ervoor kiezen om hun energie vooral nuttig te besteden aan het begeleiden, aanmoedigen en ondersteunen van jongeren bij hun leerprocessen. Ik bewonder hier in het bijzonder prof. Jan Baetens voor zijn langdurige en aanzienlijke inzet voor de eerstejaarsstudenten om een uitdagend vak als wiskunde onder de knie te krijgen, elk jaar opnieuw. Hij zet zich ook in om studenten zo snel mogelijk in de opleiding te krijgen die bij hen past als medeorganisator van de starttoetsen en remediëring. Ik hoop dat ik met deze masterproef een deeltje kan bijdragen om beide doelen nog beter te bereiken. Dus bedankt Jan, dat je me wou begeleiden en de vrijheid gaf om m'n eigen onderzoeksvragen en methodes te kiezen. Ook Marlies bewonder ik voor haar inzet voor het remediëringstraject wiskunde. Het was voor mij al duidelijk dat dit menig student zou helpen om hun tekorten bij te benen, maar door de interviews en analyses voor deze masterproef ben ik hier nog meer van overtuigd geraakt. Bedankt om m'n geklaag met geduld te aanhoren wanneer ik niet uitgeraakte aan de administratieve systemen van de UGent of wanneer statistische toetsen weer eens onlogische resultaten gaven. Je rustige respons en aanmoedigingen zorgden ervoor dat ik er telkens weer aan kon en wou beginnen. Ook bedankt aan Lot en Nona voor het aanleveren van de data van de starttoetsen en deelvrijstellingen. En tot slot bedankt aan prof. Mieke Uyttendaele, onze onderwijsdirecteur, om dit masterproefonderwerp mee mogelijk te maken.

INHOUDSOPGAVE

1.	Lijst van afkortingen	5
2.	Lijst van figuren en tabellen	6
3.	Samenvatting	8
4.	Inleiding.....	9
4.1.	Context	9
4.2.	Educatieve probleemstelling en onderzoeksvragen	9
5.	Literatuurstudie.....	10
5.1.	Remediëring in Vlaanderen.....	10
5.1.1.	Het belang van wiskunde in de starttoetsen en remediëring.....	10
5.1.2.	De achteruitgang van wiskundevaardigheden bij jongeren	11
5.1.3.	Remediëringstrajecten wiskunde aan verschillende universiteiten	11
5.1.4.	Remediëringstrajecten wiskunde aan de UGent	12
5.2.	Leereffecten van online leerpaden.....	14
5.2.1.	Eigenschappen van een effectief leerpad.....	14
5.2.2.	Learning analytics	16
5.3.	De leereffecten van verschillende studeerstrategieën	16
5.3.1.	Efficiënte studeermethodes die algemeen toepasbaar zijn	16
5.3.2.	Actief versus passief studeren	17
6.	Onderzoeksdesign	18
6.1.	Dataverzameling	18
6.1.1.	Beschouwde populatie studenten	18
6.1.2.	Learning analytics	18
6.1.3.	Studenteninformatiesysteem	18
6.1.4.	Persoonlijke communicatie	19
6.1.5.	Semigestructureerde interviews.....	19
6.2.	Dataverwerking	20
6.2.1.	Selecties van populaties	20
6.2.2.	Berekeningen en koppeling van de datasets.....	21
6.2.3.	Statistische toetsen	21
7.	Resultaten en discussie.....	23
7.1.	Waaraan besteden studenten hun tijd op het online leerpad?.....	23
7.1.1.	Welke onderwerpen zijn het populairst?	23
7.1.2.	Tijd besteed aan tests, oefeningen en theoriepagina's	24
7.1.3.	Tijd besteed aan de eindtest.....	25
7.1.4.	Relatie tussen de gemeten en zelf ingeschatte tijd	25

7.2.	Helpt het online leerpad om wiskundescores in het eerste semester te verbeteren?	26
7.2.1.	Eindtest tijdig afleggen versus de eindtest niet (tijdig) afleggen	26
7.2.2.	Veel tijd versus weinig tijd besteden op het leerpad	27
7.3.	Wat is de relatie tussen de eindtestscore en de tijdsbesteding?	29
7.3.1.	Het effect van de tijd besteed aan zelftests, oefeningen en theorie	29
7.3.2.	Het effect van inschrijving in de zomercursus	29
7.3.3.	Het effect van de tijd besteed aan de eindtest	30
7.3.4.	Het effect van voorkennis	30
7.3.5.	De effecten bovenop het effect van voorkennis en de tijd besteed aan de eindtest	30
7.4.	Wat is de relatie tussen de wiskundescores in het eerste semester en de tijdsbesteding	32
7.4.1.	Het effect van de tijd besteed aan zelftests, oefeningen en theorie	33
7.4.2.	Het effect van inschrijving in de zomercursus en voorkennis	33
7.4.3.	De effecten bovenop het effect van voorkennis	35
7.5.	Is vroeg remediëren beter dan laat?	35
7.6.	Suggesties om het remediëringstraject te verbeteren	37
8.	Conclusie	38
9.	Literatuurlijst	39

1. LIJST VAN AFKORTINGEN

UGent - Universiteit Gent

PISA - Programme for International Student Assessment

TIMMS - Trends in International Mathematics and Science Study

2. LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

Figuur 1. Trends in de gemiddelde prestaties voor wiskundige geletterdheid, leesvaardigheid en wetenschappelijke geletterdheid gemeten bij de opeenvolgende PISA cycli.....	11
Figuur 2. Overzicht van de totale bestede tijd aan verschillende modules van de leerpaden door alle studenten samen.	23
Figuur 3. De verdeling van de tijd die aan pagina's met verschillende soorten inhoud besteed werd per student, voor alle eerste inschrijvers op het leerpad.	24
Figuur 4. Histogram van de tijd besteed aan het maken van de eindtest.	25
Figuur 5. Vergelijking van de zelfgerapporteerde tijd die werd besteed aan remediëren (via de enquête op het einde van het leerpad, N=145) en de waargenomen tijd via learning analytics (N=212).....	26
Figuur 6. De verdelingen van de gewogen gemiddelde wiskundescores per student, opgesplitst in drie subpopulaties: studenten die niet verplicht moesten remediëren (N=743) en studenten die wel verplicht moesten remediëren (N=226), met deze laatste groep verder opgesplitst in studenten die de remediëring voltooid hadden door de eindtest tijdig af te leggen (N=186) en studenten die de eindtest niet (tijdig) aflegden (N=40).....	27
Figuur 7. De verdelingen van de gewogen gemiddelde wiskundescores per student voor studenten die verplicht moesten remediëren (N=226), opgesplitst in vier subpopulaties: studenten die de remediëring voltooiden door de eindtest tijdig af te leggen (N=186) en studenten die de remediëring niet voltooiden (N=40) worden apart getoond en deze groepen werden verder opgesplitst op basis van de totale tijd die ze besteedden op het leerpad (minstens twee uur of minder dan twee uur).	28
Figuur 8. De verdelingen van de gewogen gemiddelde wiskundescores per student voor studenten die verplicht moesten remediëren (N=226), opgesplitst in vier subpopulaties: studenten die de remediëring voltooiden door de eindtest tijdig af te leggen (N=186) en studenten die de remediëring niet voltooiden (N=40) worden apart getoond en deze groepen werden verder opgesplitst op basis van de totale tijd die ze besteedden op het leerpad (minstens 10 uur of minder dan 10 uur).	29
Figuur 9. Relatie tussen de eindtestscores die studenten op het leerpad behaalde en de tijd die ze besteedden op het leerpad aan pagina's met zelftests, oefeningen en theorie, de tijd besteed aan het afleggen van de eindtest (N=212), hun starttoetscore (N=109) en het al dan niet inschrijven voor de zomercursus (N=212).	31
Figuur 10. Relatie tussen de gewogen gemiddelde wiskundescores behaald in het eerste semester en de tijd besteed op het leerpad aan pagina's met zelftests, oefeningen en theorie, het al dan niet inschrijven voor de zomercursus en hun eindtestscore (N=206) en starttoetscore (N=107).	34
Figuur 11. Relatie tussen de gewogen gemiddelde wiskundescore behaald in het eerste semester en het aantal dagen na 1 juli (de dag waarop de leerpaden ter beschikking werden gesteld) waarop de eindtest werd afgelegd (N=206).	36

Tabel 1. Aantal vragen op de starttoets 2023 van verschillende opleidingen per discipline.....	10
Tabel 2. Overzicht van de verschillende organisatievormen van de remediëring wiskunde aan verschillende onderwijsinstellingen.....	12
Tabel 3 Overzicht van de onderwerpen die voor enkele UGent-opleidingen aan bod komen op het online leerpad voor wiskunderemediëring.....	13
Tabel 4. Beschouwde wiskundevakken per opleiding voor de berekening van de wiskundescores in semester 1.	19
Tabel 5. Groottes (N) van enkele (sub)populaties van de totale populatie van 1007 eerste inschrijvers in de opleidingen.	21
Tabel 6. Spearman correlatiecoëfficiënten en semi-partiële Spearman correlatiecoëfficiënten tussen de eindtestscore en verschillende variabelen.....	32
Tabel 7. Spearman correlatiecoëfficiënten en semi-partiële Spearman correlatiecoëfficiënten tussen de gewogen gemiddelde wiskundescores en verschillende variabelen.	35

3. SAMENVATTING

Deze masterproef onderzoekt de effectiviteit van de online wiskunderemediëringsleerpaden Newton en Isaac aan de Universiteit Gent, geïmplementeerd voor eerstejaarsstudenten die falen voor de starttoets of geen (juiste) starttoets afleggen. Deze leerpaden zijn opgezet om de geconstateerde daling in wiskundige geletterdheid bij jongeren aan te pakken, wat een negatieve invloed heeft op de slaagkansen aan de universiteit. Door middel van *learning analytics* werd data verzameld over de interacties van studenten met de leerpaden, inclusief de bestede tijd aan verschillende modules, eindtestscores en wiskundescores van het eerste semester. Semigestructureerde interviews boden aanvullende kwalitatieve inzichten.

Uit deze analyse bleek dat de studenten hun tijd voornamelijk besteedden aan basiskennis en minder aan gevorderde onderwerpen zoals calculus, met de meeste tijd besteed aan theoriepagina's. Minstens 13% van de studenten besteedde onrealistisch weinig tijd aan het afleggen van de eindtest, wat wijst op aanzienlijk gokgedrag. Studenten die de eindtest tijdig aflegden, behaalden hogere wiskundescores in het eerste semester dan degenen die dat niet deden. Dit suggereert een positief effect van remediëren, al kan het zijn dat de studenten die tijdig remediëren ook geneigd zijn om tijdens het jaar vroeger te beginnen met studeren voor de wiskundevakken. Studenten die niet hoefden te remediëren behaalden hogere scores dan degenen die het wel moesten. Dit geeft aan dat de criteria om te bepalen of iemand moet remediëren goed gekozen zijn. Meer tijd besteed aan het leerpad correleerde met hogere eindtestscores, en dit effect kon worden onderscheiden van het effect van voorkennis en de tijd besteed aan het afleggen van de eindtest. De correlaties van tijd besteed aan verschillende types pagina's (met zelftests, oefeningen of theorie) met de eindtestscore bleken gelijkaardig. Met de wiskundescores in het eerste semester, was echter alleen de tijd besteed aan zelftests significant gecorreleerd. Dit effect was nog positief, maar niet meer significant wanneer gecorrigeerd werd voor het effect van de starttoetsscore (de voorkennis). Tot slot voorspelde vroeg remediëren betere wiskundescores in het eerste semester, zelfs na correctie voor de effecten van de totale tijd besteed aan remediëren, inschrijving voor de zomercursus en de starttoetsscore. Deze studie concludeert dat er aanwijzingen zijn dat de huidige remediëring positieve effecten heeft op de wiskundige vaardigheden en suggereert verbeteringen aan het traject zoals het toepassen van mastery learning principes en het verbeteren van feedback om de impact te maximaliseren. De analyse kan best herhaald worden de komende jaren. De populatie van studenten die bestudeerd werd, was mogelijk niet representatief omdat er in 2023 eenmalig geen verhoogde cesuur of giscorrectie werd toegepast op de starttoets.

4. INLEIDING

4.1. Context

Bij meer en meer universitaire bacheloropleidingen is het verplicht om in de zomer voor je eerste inschrijving voor de opleiding een starttoets af te leggen. Vanaf dit academiejaar is het verplicht om een remediëringstraject te volgen bij een onvoldoende op deze starttoets. Voor de meeste opleidingen vormt wiskunde het belangrijkste onderwerp op de starttoets en dus ook van de remediëring. De universiteiten en faculteiten hebben veel vrijheid om de remediëring naar believen vorm te geven en te organiseren, maar aan de UGent gebruiken de meeste faculteiten hiervoor een grotendeels gelijklopend online leerpad wiskunde. De betrokken opleidingen zijn de Bachelor of Science in de biomedische wetenschappen (hierna vermeld als biomedische wetenschappen), Bachelor of Science in de biowetenschappen (hierna biowetenschappen), Bachelor of Science in de bio-industriële wetenschappen (hierna bio-industriële wetenschappen), Bachelor of Science in de bio-ingenieurswetenschappen, Bachelor of Science in de farmaceutische wetenschappen (hierna farmaceutische wetenschappen), Bachelor of Science in de fysica en de sterrenkunde (hierna fysica en sterrenkunde) en Bachelor of Science in de wiskunde (hierna wiskunde). Het leerpad heet Newton voor de opleidingen die hun voorkennis baseren op de leerplannen uit het secundair onderwijs met 4 uur wiskunde per week en Isaac voor de opleidingen die zich baseren op de leerplannen met 6 uur wiskunde per week. Om effectieve deelname aan de remediëring aan te tonen moeten studenten voor een bepaalde deadline tijdens het academiejaar een eindtest maken. In deze educatieve masterproef wordt geprobeerd om via *learning analytics* een eerste uitspraak te doen of deze leerpaden effectief helpen om wiskundevaardigheden bij te spijkeren. Bovendien wordt de relatie achterhaald tussen het gedrag van de studenten op deze leerpaden en hun verworven wiskundevaardigheid.

4.2. Educatieve probleemstelling en onderzoeksvragen

Uit de literatuurstudie (p. 10) blijkt dat het algemene niveau wiskunde bij jongeren daalt. Hierdoor worden de nodige startcompetenties voor universitaire opleidingen minder goed bereikt, wat mee de daling in de slaagkansen in het eerste bachelorjaar verklaart [1]. Bezorgdheid hierover was mede de aanzet voor de overheid om universiteiten te verplichten om remediëring te voorzien. Aangezien de leerpaden Newton en Isaac elk jaar door honderden startende studenten zullen gebruikt worden, is het belangrijk om de kwaliteit hiervan te waarborgen. Dit onderzoek gaat na of deze leerpaden al in het eerste jaar van de implementatie een positief effect hadden op de wiskundevaardigheden van de studenten die het gebruikten en op welke manier studenten het leerpad gebruikten. Op basis hiervan worden tot slot mogelijke verbeteringen afgeleid. De specifieke educatieve onderzoeksvragen die onderzocht worden zijn:

1. Waaraan besteden studenten hun tijd op het online leerpad?
2. Helpt het online leerpad om wiskundescores in het eerste semester te verbeteren?
3. Wat is de relatie tussen de eindtestscore en de tijdsbesteding op het leerpad?
4. Wat is de relatie tussen de wiskundescores in het eerste semester en de tijdsbesteding?
5. Is vroeg remediëren beter dan laat?

5. LITERATUURSTUDIE

5.1. Remediëring in Vlaanderen

Om startende studenten in het hoger onderwijs sneller te begeleiden naar de meest geschikte opleiding voor hen, worden er in Vlaanderen ijkingstoetsen georganiseerd vóór de aanvang van het academiejaar. Deze testen de startcompetenties die nodig zijn in de respectievelijke opleiding. De feedback die de studenten ontvangen over hun resultaat kan helpen bij hun studiekeuze [2]. Deelname aan de ijkingstoetsen is ondertussen voor heel wat opleidingen verplicht, waaronder bio-industriële wetenschappen, bio-ingenieurswetenschappen, biomedische wetenschappen, biowetenschappen, farmaceutische wetenschappen, fysica en sterrenkunde en wiskunde. Verplichte ijkingstoetsen hetten starttoetsen [3]. Studenten die niet deelnemen aan een starttoets kunnen in principe niet inschrijven voor de opleiding, op enkele uitzonderingen na, waaronder een bewijs van deelname aan het toelatingsexamen (tand)arts of aan een niet-verplichte ijkingstoets van een andere opleiding [4]. Sinds dit academiejaar (2023-2024) wordt een verplichte remediëring opgelegd aan studenten die niet slagen voor de starttoets, en aan de meeste studenten die via een uitzondering toch mochten inschrijven voor de opleiding. Elke hogere onderwijsinstelling moet voorzien in een remediëringaanbod vóór en tijdens het academiejaar [2].

5.1.1. Het belang van wiskunde in de starttoetsen en remediëring

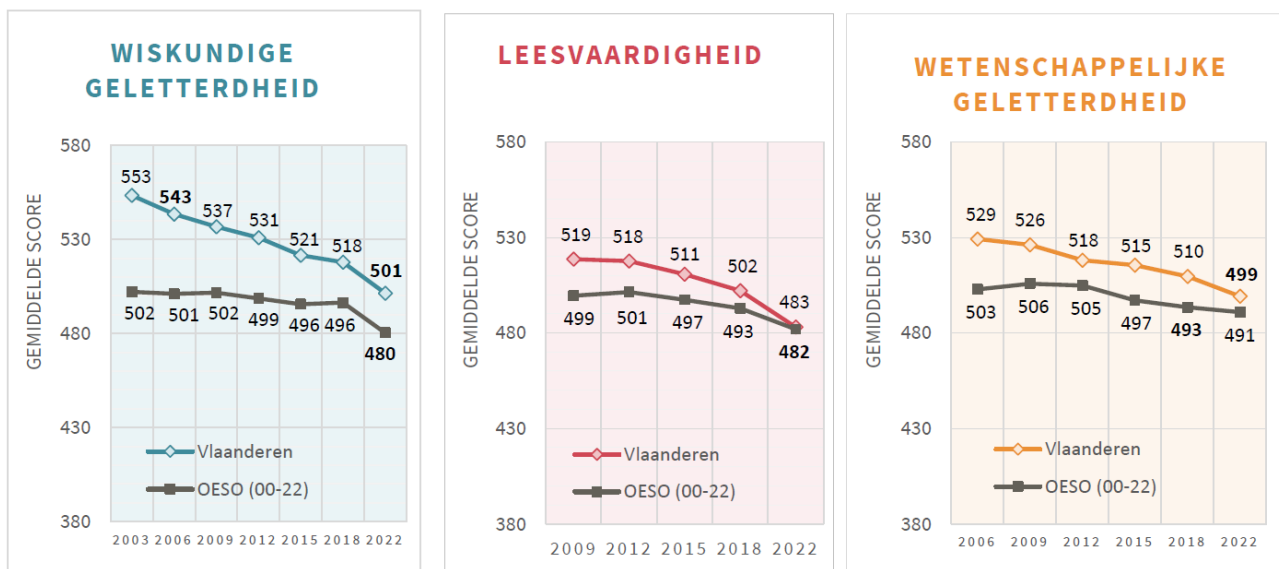
Hoewel de inhoud van de starttoetsen niet decretaal vastgelegd is, wordt uit de samenstelling van de starttoets al snel duidelijk dat wiskunde het belangrijkste onderdeel vormt van alle starttoetsen (Tabel 1). Ook in de remediëringstrajecten die de verschillende opleidingen aanbieden is wiskunde een belangrijk onderdeel, al is er ook een chemieremediëring bij biomedische en farmaceutische wetenschappen [5-8]. De focus op wiskunde kan enerzijds verklaard worden door de sterke voorspellende waarde van wiskundevaardigheden voor het studiesucces in uiteenlopende universitaire opleidingen [9] en anderzijds door de waargenomen daling van wiskundige geletterdheid bij kinderen en jongeren [10, 11].

Tabel 1. Aantal vragen op de starttoets 2023 van verschillende opleidingen per discipline. Voorkennis uit andere disciplines zoals fysica of biologie wordt niet expliciet getest. [12]

Opleiding	(Toegepaste) wiskunde	Chemie	Ruimtelijk inzicht
Bio-industriële wetenschappen	25	8	
Bio-ingenieurswetenschappen	30		
Biomedische wetenschappen	20	10	
Biowetenschappen (industriële ingenieur)	25	8	
Farmaceutische wetenschappen	20	10	
Fysica en sterrenkunde	30		
Industriële wetenschappen (industriële ingenieur)	25	8	
Ingenieurswetenschappen (burgerlijk ingenieur)	30		
Ingenieurswetenschappen: architectuur (burgerlijk ingenieur-architect)	25		6
Wiskunde (en <i>data science</i>)	30		

5.1.2. De achteruitgang van wiskundevaardigheden bij jongeren

Uit de driejaarlijkse metingen door het *Programme for International Student Assessment* (PISA) volgt dat de wiskundige geletterdheid bij Vlaamse 15-jarigen achteruitgaat (Figuur 1). Deze daling is bovendien sterker dan de gemiddelde trend binnen de OESO-landen. De daling is ook sterker dan die van de leesvaardigheid en wetenschappelijke geletterdheid. Ondanks deze negatieve trend is de gemiddelde score voor wiskundige geletterdheid in Vlaanderen nog steeds hoger dan het OESO-gemiddelde. Figuur 1 verbergt wel de spreiding op de scores: de kloof tussen de sterkst en zwakst presterende leerlingen op wiskunde is slechts in 3 OESO-landen significant groter dan in Vlaanderen. Bovendien kon 18.8% van de spreiding in de wiskundescores verklaard worden door de sociaaleconomische status van de Vlaamse leerlingen [10]. Dit wijst op een oneerlijkheid die groter is dan gemiddeld binnen de OESO. De negatieve trend van de wiskundevaardigheden in Vlaanderen en het sterke effect van de sociaaleconomische status werd in het TIMMS-onderzoek bevestigd bij jongere leerlingen uit het vierde jaar lager onderwijs en tweede jaar secundair onderwijs. Hieruit bleek bovendien dat de afname vooral te zien is op vlak van kennis en toepassing en minder op vlak van redeneren [11]. Al deze resultaten tonen aan waarom een remediëring wiskunde vóór of aan de start van een universitaire opleiding in exacte en toegepaste wetenschappen relevant is.



Figuur 1. Trends in de gemiddelde prestaties voor wiskundige geletterdheid, leesvaardigheid en wetenschappelijke geletterdheid gemeten bij de opeenvolgende PISA cycli. (Overgenomen uit het Vlaams Rapport PISA 2022 [10])

5.1.3. Remediëringstrajecten wiskunde aan verschillende universiteiten

Elke hogere onderwijsinstelling moet een remediëringaanbod vóór en tijdens het academiejaar voorzien, maar er werd decretaal nog veel ruimte gelaten: het kan intra- of extracurriculair, de evaluatiemethode kan verschillen per instelling en voor remediëringstrajecten tijdens het academiejaar mag de omvang maximaal 6 studiepunten bedragen, maar ook minder [2]. Tabel 2 toont dat van deze vrijheden gebruik werd gemaakt: elke onderwijsinstelling legt zijn eigen accenten en sommige remediëringstrajecten verschillen zelfs per opleiding. Merk op dat de meeste universiteiten voor extracurriculaire trajecten hebben gekozen. Aan de VUB moet de intracurriculaire remediëring enkel gevolgd worden als er niet tijdig extracurriculair geredieerd wordt. Slechts één opleiding aan de KU Leuven voorziet een verplichte intracurriculaire remediëring, daarenboven

met een evaluatie die rekening houdt met het resultaat op een wiskundetest. Alle andere remediëringstrajecten evalueren enkel op basis van deelname aan een test of cursus, zonder dat een bepaald resultaat moet behaald worden.

*Tabel 2. Overzicht van de verschillende organisatievormen van de remediëring wiskunde aan verschillende onderwijsinstellingen. *De opleiding Burgerlijk ingenieur (architect) vereist ook deelname aan een vak van 1 studiepunten tijdens het academiejaar met een examen na lesweek 4 [13]. **Er wordt in 2024 ook een optie voorzien om tijdens het academiejaar te remediëren, maar hierover is nog geen info openbaar vrijgegeven.[5]*

Onderwijsinstelling	Intracurriculair/ extracurriculair	Vorm	Evaluatievorm	Deadline evaluatievorm 2023
Universiteit Gent [14]	Extracurriculair	Online leerpad en vrijblijvende on-campus zomercursus	Afleggen van een online eindtest	15 dec.
Universiteit Antwerpen [8]	Extracurriculair	Online leerpad of on-campus zomercursus	Afleggen van een online eindtest of aanwezigheid bij de zomercursus	30 nov.
Katholieke Universiteit Leuven	Extracurriculair [15] en intracurriculair voor sommige opleidingen* [13]	Online leerpad of on-campus zomercursus [15] en een extra vak in het 1 ^{ste} semester voor sommige opleidingen* [13]	Afleggen van een online eindtest [16] of aanwezigheid bij de zomercursus [15] en slagen voor het examen van een extra vak voor sommige opleidingen* [13]	Niet vermeld op de website
Vrije Universiteit Brussel	Extracurriculair of intracurriculair[6]	Online leerpad en vrijblijvende on-campus zomercursus [17] of extra lessen bij een wiskundevak [6]	Afleggen van online eindtests op het leerpad [17] of deelname aan extra lessen bij een wiskundevak en deelname aan tussentijdse toetsen en/of taken [18]	15 september voor de extracurriculaire optie [17]
Universiteit Hasselt [19]	Extracurriculair	On-campus zomercursus**	Aanwezigheid bij de zomercursus	Einde van de zomercursus

5.1.4. Remediëringstrajecten wiskunde aan de UGent

Aan de UGent bestaat de verplichte remediëring uit een online leerpad via het *learning management system Brightspace* (aan de UGent heet *Brightspace Ufora*). Verschillende opleidingen gebruiken verschillende leerpaden, maar de opleidingen biomedische wetenschappen, biowetenschappen, bio-industriële wetenschappen, bio-ingenieurswetenschappen, farmaceutische wetenschappen, fysica en sterrenkunde en wiskunde hebben hun krachten gebundeld om samen een set inhoud en online leermaterialen te creëren en zo grotendeels analoge leerpaden aan te bieden, vermits hun wiskundecurriculum verder bouwt op gelijkaardige eindtermen. Deze leerpaden gebruiken per onderwerp een combinatie van een zelftest, pagina's waarop nieuwe theorie wordt uitgelegd en een pagina met oefeningen. De zelftests bevatten vooral meerkeuzevragen en soms open vragen waarbij een getal het antwoord vormt. Na het indienen van de tests wordt er automatisch een evaluatie getoond en feedback in de vorm van een modeloplossing of tips om zelf

tot een oplossing te komen. De theoriepagina's bevatten tekst, grafieken, figuren, animaties, filmpjes, uitgewerkte voorbeelden en korte interactieve tests. De pagina's met oefeningen bevatten opgaves, eenduitkomsten en bij sommige oefeningen wordt een modeluitwerking gegeven. Al de tests over de verschillende onderwerpen moeten minstens 1x gemaakt worden vooraleer de studenten toegang krijgen tot de eindtest [20]. De enige uitzondering hierop, gebeurt bij de opleidingen fysica en sterrenkunde en wiskunde, waarbij deelnemers aan de zomercursus ook rechtstreeks toegang krijgen tot de eindtest [20]. De onderwerpen die aangeboden worden verschillend gedeeltelijk per opleiding (Tabel 3), maar er is een grote overlap, aangezien de gemeenschappelijke onderwerpen ook de meeste pagina's bevatten. Het belangrijkste onderscheid bestaat tussen leerpaden met de namen Newton en Isaac. Newton wordt gebruikt door de opleiding die als voorkennis de leerplannen van secundaire onderwijsopleidingen met 4 uur wiskunde per week veronderstellen. Isaac is voor de opleidingen die voorkennis veronderstellen uit de leerplannen van secundaire onderwijsopleidingen met minstens 6 uur wiskunde per week [21]. De opleidingen van de Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur maken geen gebruik van Isaac en Newton, maar hebben een ander leerpad [22]. Dit wordt niet verder toegelicht omdat ze geen deel uitmaken van dit onderzoek.

Tabel 3 Overzicht van de onderwerpen die voor enkele UGent-opleidingen aan bod komen op het online leerpad voor wiskunderemediëring. Blauwe vakken betekenen dat de module werd opgenomen in het leerpad [20]

Opleiding (naam leerpad)	Biomedische wetenschappen (Newton)	Biowetenschappen (Newton)	Bio-Industriële wetenschappen (Newton)	Farmaceutische wetenschappen (Newton)	Fysica en sterrenkunde (Isaac)	Wiskunde (Isaac)	Bio-ingenieurswetenschappen (Isaac)
Module							
Logica							
Verzamelingen		■	■		■	■	■
Reële getalen		■	■		■	■	■
Combinatoriek					■	■	
Basiskennis (over functies)	■	■	■	■	■	■	■
Algebraïsche functies	■	■	■	■	■	■	■
Transcendente functies	■	■	■	■	■	■	■
Absolute waarden	■	■	■	■	■	■	■
Limieten	■	■	■	■	■	■	■
Afgeleiden	■	■	■	■	■	■	■
Integralen	■	■	■	■	■	■	■
Stelsels	■	■	■	■	■	■	■
Matrices		■	■	■	■	■	■
Complexe getallen					■	■	
Vectoren		■	■	■	■	■	■
Analytische meetkunde		■	■	■	■	■	■

Hoewel de remediëring voor de opleidingen in Tabel 3 dus grotendeels gelijkaardig is, zijn er toch enkele verschillen die het complexer maken. Hier worden enkele variaties opgesomd die belangrijk zijn om in het achterhoofd te houden bij de interpretatie van de data in Hoofdstuk 7. Het is bij alle opleidingen mogelijk om vrijwillig te remediëren wanneer dit niet verplicht was, maar op sommige facultaire websites werd hier meer aandacht aan besteed [21] dan op andere [23]. Zo zijn er bijvoorbeeld studenten ingeschreven op de leerpaden die een schakelprogramma (na een professionele bachelor) of voorbereidingsprogramma (na een academische bachelor) volgen om een master van de opleiding te kunnen volgen. Niet alle opleidingen bieden echter schakelprogramma's of voorbereidingsprogramma's aan en sommige van die programma's bevatten geen wiskundevakken. Behalve het online leerpad Isaac en Newton, werd er ook een on-campus zomercursus wiskunde aangeboden ter begeleiding door bijna alle opleidingen, behalve voor farmaceutische wetenschappen [24]. Bij de meeste opleidingen werd er tijdens de zomercursus gefocust op oefeningen, maar bij de opleidingen fysica en sterrenkunde en wiskunde werd er ook theorie onderwezen.

5.2. Leereffecten van online leerpaden

Er is heel wat wetenschappelijk bewijs dat virtuele leeromgevingen significante leereffecten kunnen uitlokken bij leerlingen en studenten uit verschillende leeftijdscategorieën [25-28]. Ook voor wiskunde in het bijzonder, zijn de leereffecten van zulke leerpaden bewezen [29, 30]. Een studie die online instructie vergeleek met traditionele instructie in een klas, ondersteunt de hypothese dat het type instructie (opdrachten, te lezen teksten, video's, groepsdiscussies etc.) belangrijker is voor het leren dan het medium waarmee deze instructie wordt overgebracht (een online leerpad, video of leerkracht in de klas) [31]. Er is ook geen aanwijzing dat asynchrone manieren van afstandsonderwijs, waarbij studenten op hun eigen tempo het leermateriaal doornemen, slechtere resultaten zouden opleveren dan synchrone methodes, zoals live streaming [32]. Studenten in het hoger onderwijs zijn subjectief ook bijna even tevreden over afstandsonderwijs dan over on-campus onderwijs [33].

In de volgende subsectie wordt dieper ingegaan op de eigenschappen van een interactief leerpad die het leren bevorderen. Zoals al werd aangegeven zijn dit grotendeels dezelfde eigenschappen als die van effectieve klassieke on-campus lessen, aangezien het type instructie belangrijker is dan het medium. Daarna wordt uitgelegd hoe de registratie van het gedrag van gebruikers gebruikt kan worden om het leren van studenten te optimaliseren via *learning analytics*.

5.2.1. Eigenschappen van een effectief leerpad

Feedback heeft in het algemeen een significant positieve invloed op het leren, maar het type feedback heeft een sterke invloed. Zo is afstraffen of belonen, bijvoorbeeld in de vorm van punten, kritiek of lof, de minst effectieve vorm van feedback, doordat dit de intrinsieke motivatie van de studenten ondermijnt en de verantwoordelijkheid voor zelfregulatie vermindert. Feedback wordt effectiever naarmate het meer informatie bevat. Een feedbackvorm die iets meer informatie bevat is correctieve feedback. Bij deze vorm wordt verduidelijkt of een taak juist of fout werd uitgevoerd en wordt het juiste antwoord gegeven. Echte hoge informatie feedback bevat info over de taak (bv. waarom een uitkomst juist of fout was), het proces (bv. de methode die wordt toegepast om een vraagstuk aan te pakken) en eventueel ook over de zelfregulatie van de

student (bv. of er voldoende tijd werd besteed aan de opdracht). Deze vorm heeft het grootste positief leereffect omdat het de studenten helpt om te begrijpen welke fouten ze maakten, waarom ze deze maakten en hoe ze deze in het vervolg kunnen vermijden [34]. Concrete aanwijzingen over wat er moet geleerd worden en welke stappen de studenten kan ondernemen om dit te leren zijn hierbij essentieel [35]. Peerfeedback, tussen studenten onderling, blijkt bovendien meer effectief dan feedback van lesgevers naar studenten [34]. Ook meer specifiek over computergestuurde, automatische feedback, zijn er aanwijzingen van positieve effecten op het leren, al is het effect kleiner dan persoonlijke feedback [36]. In het bijzonder vergroot de aanwezigheid van formatieve feedback het leereffect van leerpaden [27]. Het effect van het type feedback blijkt uit studies identiek als bij persoonlijke feedback: uitleggen waarom een bepaald antwoord juist of fout is, heeft het grootste effect. Het geven van het correcte antwoord is iets minder effectief. Alleen maar aangeven of een antwoord juist of fout is, heeft een verwaarloosbaar leereffect. Computergestuurde feedback is bovendien effectiever als deze onmiddellijk gegeven wordt na het indienen van het antwoord op een vraag in plaats van uitgesteld [37]. Computergestuurde feedback blijkt ook het grootste leereffect te hebben voor wiskunde in vergelijking met sociale of exacte wetenschappen en talen [37].

Het opleggen van tests in het onderwijs heeft een algemeen positief effect op het leren bij zowel middelbare scholieren als universiteitsstudenten [38]. Testen werkt ook even goed voor het verbeteren van feitenkennis, als voor conceptuele kennis en probleemoplossend vermogen. Tussen het effect van verschillende types vragen, zoals meerkeuzevragen, korte antwoorden, combineren (*matching*), vrij neerschrijven van wat onthouden werd etc. kon tot nu toe geen significant verschil worden aangetoond. Het effect van tests op examenscores is echter wel groter naarmate het type vragen beter overeenkomt tussen beide [39, 40]. Dit kan beschouwd worden als een betere toepassing van het didactische principe *constructive alignment* [41]. Wat wel een significant verschil maakt, is het aantal tests dat wordt opgelegd. Hoe meer cycli van studeren, gevolgd door een test, hoe groter het leereffect. Testen buiten een klas, bijvoorbeeld via een online leerpad, heeft ook een positief leereffect, al is het effect ook hier wat kleiner dan testen in een klas [39].

Los van feedback en tests zijn er nog enkele andere eigenschappen die leerpaden effectiever maken. Zo zijn leerpaden met verplichte samenwerkingen die werd gemodereerd door een lesgever effectiever voor het leren dan leerpaden zonder samenwerking. Wanneer samenwerking optioneel is, of niet wordt gemodereerd door een lesgever, daalt de effectiviteit van het leerpad net [27]. Er is ook bewijs van de effectiviteit van verschillende types leer materiaal die gebruikt worden in de leerpaden Isaac en Newton, zoals interactieve video's [42] en multimedia zoals grafieken en tekeningen [27]. Tot slot is het concept van *mastery learning* erg goed toepasbaar via online leerpaden [43]. *Mastery learning* is een onderwijsmethode waarbij studenten verplicht worden om na elke les of instructie hun beheersing van de leerdoelen aan te tonen via een formatieve test (bv. door een score van minimum 80% te vereisen) vooraleer ze mogen beginnen aan een volgend deel van de leerstof. Dit resulteert in een verschillend tempo voor verschillende studenten en is dus een vorm van differentiatie. Deze methode heeft bewezen effect, en heeft zelfs het meeste voordeel voor de zwakste studenten in een klas [43]. Ook voor wiskunde in het bijzonder werd aangetoond dat *mastery learning* de leerresultaten en motivatie verbetert [30, 44].

5.2.2. Learning analytics

Learning analytics is een koepelterm voor het meten, verzamelen, analyseren, en rapporteren van data over leerlingen en hun context om hun leerprocessen beter te begrijpen en te kunnen verbeteren [45]. Door het toenemende gebruik van online leeromgevingen en databases in het onderwijs, neemt de hoeveelheid beschikbare data jaar na jaar toe. Bijgevolg is er ook een sterke toename van publicaties over *learning analytics* [46]. Via *learning analytics* werd aangetoond dat voor universiteitsstudenten een grotere gemeten totale tijd besteed aan een online leerpad of het aantal keer inloggen in het algemeen leidt tot een betere prestatie [47]. Zulke analyses kunnen de effectiviteit van een specifiek leerpad bewijzen, maar je kan ook nog een stap verder gaan, door als onderwijsaanbieder of – ondersteuners hieraan acties te koppelen [48]. Een voorbeeld is om vroegtijdig te kunnen identificeren welke studenten een lage voorspelde slaagkans hebben, en hen zo vroegtijdige hulp te bieden [48, 49]. De UGent raadt lesgevers expliciet aan om de gegevens van studenten op Ufora te gebruiken om cursussen te verbeteren. Zo kan je bijvoorbeeld uit de resultaten van zelftests achterhalen welke denkfouten populair zijn [50] en hieraan meer aandacht besteden tijdens de les. Ook de terugkoppeling van data naar de studenten zelf kan nuttig zijn, bijvoorbeeld door zelfregulatie te vergemakkelijken. Als studenten hun tijdsbesteding aan online cursussen wordt gemonitord en gecommuniceerd, verbeteren hun timemanagement skills [51].

5.3. De leereffecten van verschillende studeerstrategieën

Los van de (online) instructie die lesgevers voorzien, is het de verantwoordelijkheid van de studenten om de instructies op te volgen en om hun eigen leerproces te monitoren en bij te sturen. Als je bijvoorbeeld een formatieve meerkeuzetest met automatische correctieve feedback voorgelegd krijgt, dan kan je ervoor kiezen om te gokken en nadien de feedback te lezen, zonder echt te proberen om het correcte antwoord zelf te vinden. Anderzijds kan je een gewoon stuk tekst ook gebruiken om jezelf te testen, bijvoorbeeld door na het lezen op te schrijven wat je onthouden hebt. Deze sectie bespreekt de effectiviteit en efficiëntie van verschillende manieren waarop studenten kunnen studeren.

5.3.1. Efficiënte studeermethodes die algemeen toepasbaar zijn

Vanuit het perspectief van een student is het eerst en vooral belangrijk om genoeg tijd te besteden aan studeren. De tijd die studenten besteden aan studeren is namelijk positief gecorreleerd met de hoeveelheid kennis die ze verwerven [52]. Het blijkt echter wel dat studenten hun werkelijk bestede tijd overschatten [53]. De correlatie tussen de werkelijk bestede tijd en resultaten is echter niet perfect, aangezien ook de manier waarop die tijd besteed wordt ertoe doet. Een review identificeerde 5 technieken die voor de meeste studenten, materialen, taken en leeromgevingen efficiënt zijn. De eerste is elaboratie. Hierbij probeert de leerling bij elke bewering in een leermateriaal (bv. een tekst) de vraag te beantwoorden ‘waarom is dit zo?’. De tweede strategie is om een denkproces expliciet uit te leggen, waardoor de link met al aanwezige voorkennis wordt geactiveerd. Dit kan bijvoorbeeld door na het lezen van een stuk tekst deze vraag te beantwoorden ‘Welke nieuwe informatie bevatte dit stuk tekst en wat is de link met wat je al wist?’ Zichzelf testen over het te leren materiaal is een derde efficiënte strategie. Dit kan op heel veel verschillende manieren, zoals flash cards, proberen opschrijven wat je je nog herinnert, vraagstukken oplossen of zelftests in een online leerpad maken. De vierde strategie is om leermomenten meer te spreiden doorheen de tijd. Het is efficiënter om niet te

'blokken', maar het studeren te verdelen overheen verschillende uren, dagen en weken. De laatste, algemeen toepasbare efficiënte studeermethode is *interleaving*: snel afwisselen van verschillende onderwerpen is beter dan lang aan één stuk hetzelfde onderwerp te studeren. Dit is in de praktijk vaak moeilijk te onderscheiden van het effect van spreiden [54].

5.3.2. Actief versus passief studeren

Veel van de efficiënte studeermethodes hebben gemeenschappelijk dat ze een actieve bijdrage van de student vereisen. Leermateriaal moet geïnterpreteerd worden, geconnecteerd worden aan andere informatie, uitgelegd worden, gebruikt worden, etc. Hierbij is het belangrijk om steeds uitdagende activiteiten te kiezen voor het huidig behaalde niveau. De vooruitgang vertraagt als fouten (al dan niet onbewust) vermeden worden, bijvoorbeeld door zichzelf alleen te testen over de eenvoudigste onderwerpen. Meer passieve studeermethodes, zoals het herlezen van een tekst, kopiërend samenvatten of fluoresceren zijn hoe dan ook minder efficiënt dan actieve [55]. Passieve methodes kunnen vaak wel de gewenste resultaten opleveren op korte termijn, maar op lange termijn verdwijnen de geleerde vaardigheden en kennis sneller dan bij actieve methodes. Bovendien zijn er aanwijzingen dat passieve studeermethodes ervoor zorgen dat de eigen vaardigheden overschat worden [56].

6. ONDERZOEKSDESIGN

6.1. Dataverzameling

6.1.1. Beschouwde populatie studenten

Dit onderzoek gebruikt data van studenten uit de opleidingen biomedische wetenschappen, biowetenschappen, bio-industriële wetenschappen, bio-ingenieurswetenschappen, farmaceutische wetenschappen, fysica en sterrenkunde en wiskunde. Alleen data van het academiejaar 2023-2024 werd beschouwd. In de onderstaande subsecties wordt uitgelegd uit welke bronnen welk type data werd verzameld over deze studenten.

6.1.2. Learning analytics

Eerst en vooral werden via het learning management system Ufora rapporten gedownload met de gemiddelde tijd en het aantal bezoeken waarmee elke student de verschillende modules op Isaac en Newton bezocht. Deze statistieken werden individueel per studenten als Excel-file geëxporteerd. Rapporten van gebruikers van de leerpaden die niet voor één van de remediëringsopleidingen waren ingeschreven werden niet gedownload, aangezien dit vnl. medewerkers van de UGent zijn. Alle andere gebruikers werden wel beschouwd, incl. studenten die niet verplicht moesten remediëren. Via de tool 'scores' op Ufora werden de scores van alle ingeschreven studenten in één Excel-file geëxporteerd. Via de tool 'tests' werden van de verschillende eindtests ook de scores geëxporteerd van alle studenten, aangezien de files op deze manier ook de aanvangstijd en eindtijd bevatten per student. Er werd een rapport gedownload waar de gemiddelde tijd en het aantal bezoeken per module instaat voor alle gebruikers tezamen (dus niet individueel per student). Tot slot werden de antwoorden op een afsluitende enquête ter evaluatie van het leerpad gedownload. Idealiter werd al deze data direct na de deadline gedownload, maar in realiteit was dit tussen 20 en 22 dec. 2023, dus max. 1 week na de deadline van de remediëring. Deze *learning analytics data* is verre van perfect. Zo bleek de duur van tests niet in de individuele rapporten per student te zijn geregistreerd indien ze deze niet via de 'inhoud'-tool werden geopend. Ten tweede is de geregistreeerde tijd aan elk type pagina waarschijnlijk een overschatting, omdat er geen garantie is dat studenten effectief bezig waren met de inhoud. De conclusies moeten dus met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

6.1.3. Studenteninformatiesysteem

Daarnaast werd via Oasis, het UGent administratie- en studenteninformatiesysteem, meer algemene data van de studenten verzameld. Zo werd op 22 dec. 2023 een rapport gedownload met de naam "overzicht status starttoets en remediëring" waarin onder andere voor elke student wordt vermeld of ze verplicht moesten remediëren en of aan deze verplichting werd voldaan. Na de examenperiode in januari werden ook de examenresultaten voor alle zuivere wiskundevakken uit het eerste semester gedownload (Tabel 4). Ook dit was idealiter vóór de puntenbekendmaking gebeurt, zodat alle studenten hier nog in opgenomen waren, maar is in realiteit pas op 20 februari 2024 gebeurt. Hierdoor ontbrak mogelijk van een aantal studenten een wiskundescore, bv. doordat ze zich reeds hadden uitgeschreven. Via de "overzichtslijst van inschrijvingen" op Oasis werd ook achterhaald wie voor de eerste keer in één van de beschouwde opleidingen ingeschreven

was. Hiermee werden studenten met een geïndividualiseerd traject, bissers en studenten in latere jaren onderscheiden van de eerste inschrijvers.

Tabel 4. Beschouwde wiskundevakken per opleiding voor de berekening van de wiskundescores in semester 1.

Opleiding	Wiskundevakken (cursuscode)
Biomedische wetenschappen	Wiskunde (D012698)
Biowetenschappen	Calculus I (I700266)
Bio-industriële wetenschappen	Wiskunde I (I610018)
Bio-ingenieurswetenschappen	Analyse: functies van één variabele (I002907)
Farmaceutische wetenschappen	Wiskunde (J000481)
Fysica en sterrenkunde	Lineaire algebra (C004204)
	Wiskundige structuren en functies (C004203)
Wiskunde	Analyse I (C003574)
	Discrete wiskunde I (C003550)
	Lineaire algebra en meetkunde (C003554)

6.1.4. Persoonlijke communicatie

De scores van de starttoetsen van de studenten die verplicht moesten remediëren werden verkregen via Lot Fonteyne, beleidsmedewerker aan de UGent, en Nona De Grom, administratief coördinator ijkingsstoetsen. Zij stelden ook een lijst ter beschikking met studenten farmaceutische wetenschappen en biomedische wetenschappen die een deelvrijstelling voor de remediëring wiskunde kregen, en enkel moesten remediëren voor chemie. In de lijst met starttoetsscores zaten ook een aantal scores boven 50%. Dit wijst op studenten die een niet-compatibele ijkingsstoets hadden gedaan en daardoor toch verplicht moesten remediëren, ondanks een geslaagde ijkingsstoets of starttoets. De starttoetsscores werden gepseudonimiseerd na de analyse. De namen van studenten die ingeschreven waren voor de zomercursussen aangeboden door de verschillende faculteiten werden verkregen via de studiebegeleiders van de respectievelijke faculteiten.

6.1.5. Semigestructureerde interviews

Na een oproep tijdens de lessen wiskunde aan de faculteit Bio-ingenieurswetenschappen werden drie studenten geïnterviewd die gebruik hebben gemaakt van de leerpaden Isaac en Newton. De deelnemers vulden een informatie- en toestemmingsformulier in, opgesteld volgens het sjabloon van de UGent [57]. Dit was een semigestructureerd interview waarin minstens de onderstaande vragen gesteld werden, maar waar ook bijvragen gesteld werden ter verduidelijking van de antwoorden.

1. Welke richting volgde je in het middelbaar onderwijs en hoeveel uren wiskunde had je per week?
2. Was het niveau en de inhoud in lijn met je wiskundeonderwijs in het middelbaar? Waarom?
3. Waren er onderwerpen of concepten die moeilijk te begrijpen waren met alleen het onlinemateriaal? Welke? Waarom?
4. Vond je het niveau en de inhoud van het leerpad representatief voor de verwachte voorkennis van de vakken in het eerste semester?

5. Vond je bepaalde onderdelen/onderwerpen van het onlinemateriaal nuttiger dan andere? Waarom?
6. Denk je dat het onlinemateriaal je geholpen heeft om betere examenresultaten te behalen? Waarom wel of niet?
7. Hoe beïnvloedde het onlinemateriaal je studieplanning voor het wiskundevak in het eerste semester?
8. Welke aspecten (niet inhouden, maar tests versus oefeningen versus tekst versus filmpjes) van de onlinecursus vond je het meest nuttig en het minst nuttig? Waarom?
9. Besteedde je meer tijd aan oefeningen en tests of aan het lezen van theoriepagina's? Waarom?
10. Maakte je de tests vóór of ná het lezen van de theorie? Waarom?
11. Wanneer tijdens of vóór het semester heb je het meeste tijd besteed op het remediëringsplatform? Waarom?
12. Welke veranderingen zou je voorstellen om de onlinecursus te verbeteren?

De resultaten van de interviews worden niet apart besproken, maar worden waar relevant aangehaald bij de discussie van de analyses, om mogelijke verklaringen voor observaties te geven. De interviews hielpen om een beeld te krijgen in de diversiteit aan vooropleidingen, motivatie, studeermethodes etc. van de studenten die actief waren op de leerpaden en zo een kwalitatief beeld te krijgen van de variabelen die niet meegenomen konden worden in de statistische analyses.

6.2. Dataverwerking

De dataverwerking gebeurde in Python 3.11.5 met de pakketten numpy, pandas, pingouin, datetime, scipy en scikit_posthocs en de visualisaties met matplotlib. In de onderstaande subsecties wordt beschreven welk deel van de volledige studentenpopulatie in de datasets werd geselecteerd voor welke statistische analyses en welke statistische toetsen er werden gebruikt.

6.2.1. Selecties van populaties

Voor alle analyses werden alleen de data behouden van de studenten die effectief waren ingeschreven in één van de beschouwde bacheloropleidingen volgens het rapport “overzicht status starttoets en remediëring” en die zich bovendien voor de eerste keer hadden ingeschreven in die opleiding volgens de “overzichtslijst van inschrijvingen”. Hierdoor werd individuele data van studenten uit schakelprogramma's, voorbereidingsprogramma's, bissers en studenten met een geïndividualiseerd traject niet verder beschouwd. De *learning analytics* data van de schakelstudenten, bissers etc. zijn wel mee opgenomen in de Ufora-rapporten met de bezoektijden voor alle gebruikers tezamen aangezien hier geen onderscheid tussen de verschillende gebruikers van de leerpaden gemaakt wordt. In totaal werd een studiepopulatie van 1007 eerste inschrijvers behouden, waarvan 291 die ingeschreven waren voor één van de remediëringsopleidingen en waarvan er 238 verplicht moesten remediëren volgens het “overzicht status starttoets en remediëring” (Tabel 5). Volgens ditzelfde rapport hebben 212 de verplichte remediëring voltooid, d.w.z. ze hebben de eindtest vóór de deadline afgelegd. Van de totale populatie van 1007 studenten kon er voor 969 een gemiddelde gewogen wiskundescore berekend worden (zie Subsectie 6.2.2). Hiervan moesten er 226 verplicht remediëren en 206 hiervan hebben de remediëring effectief voltooid. Bij de verdere analyses werden soms alle 1007 studenten opgenomen en soms een selectie daarvan, afhankelijk van de beschikbare data in de dataset. Zo kon

bijvoorbeeld alleen een eindtestscore berekend worden voor degenen die de eindtest hebben afgelegd en konden alleen de tijd besteed aan verschillende modules berekend worden voor die studenten die effectief de modules bezochten. In de resultaten werd bij elke grafiek en statische toets weergegeven hoeveel studenten hierin waren opgenomen (N = aantal studenten) en waar nodig werd verder toegelicht welke studenten deze populatie bevatte.

Tabel 5. Groottes (N) van enkele (sub)populaties van de totale populatie van 1007 eerste inschrijvers in de opleidingen.

Populatie	N	Subpopulaties	N
Ingeschreven voor de remediëring	291	Verplicht remediëren	238
		Eindtest tijdig afgelegd	212
Wiskundescore beschikbaar	969	Verplicht remediëren	226
		Eindtest tijdig afgelegd	206

6.2.2. Berekeningen en koppeling van de datasets

Het rapport “overzicht status starttoets en remediëring” werd als basistabel (dataframes werd gebruikt in python) gebruikt om per student op een rij data aan toe te voegen in verschillende kolommen vanuit de andere databronnen. Om een wiskundescore voor het eerste semester te bekomen per student werd een gewogen gemiddelde wiskundescore berekend op basis van de score per vak en het aantal studiepunten van dat vak (Tabel 4). Hierbij werd een afwezigheid gelijkgesteld aan een wiskundescore van 0 voor het vak. Om per student de totale bestede tijd aan modules met tests, oefeningen, theorie en de eindtest te berekenen, werden de rapporten per student geïmporteerd in python en werd de gemiddelde tijd besteed per module vermenigvuldigd met het aantal bezoeken aan die module. De totale tijd besteed per student werd apart en op analoge wijze berekend want deze omvatte ook de tijd besteed aan pagina’s zonder nieuwe wiskunde-inhoud, zoals inleidende pagina’s met instructies voor het gebruik van het leerpad, een enquête, het formularium etc. De datum waarop studenten de eindtest aflegden werd ook per student toegevoegd aan de tabel. De eindtestscores en de scores op de starttoets werden, van die studenten waar de data van beschikbaar waren, ook toegevoegd aan de tabel per student.

Sommige data waren niet per individuele student beschikbaar. Zo werd de totale bestede tijd aan de verschillende modules door alle gebruikers tezamen apart geïmporteerd, alsook de resultaten van de enquête.

6.2.3. Statistische toetsen

Welke statistische toets precies op welke data werden toegepast wordt telkens vermeld in Hoofdstuk 7, maar hier volgt een algemeen overzicht en motivatie van de gebruikte toetsen. Via een Shapiro–Wilktoets [58] werd achterhaald dat bij alle onderzochte variabelen (bestede tijden aan verschillende onderdelen van het leerpad, wiskundescores, eindtestscores en starttoetsscores) minstens één van de deelpopulaties om te vergelijken geen normaalverdeling vertoonde ($p < 0.05$). Om die reden werden bij de vergelijking van statistische verdelingen telkens niet-parametrische toets gebruikt. Specifiek werd een tweezijdige Kruskal-Wallistoets

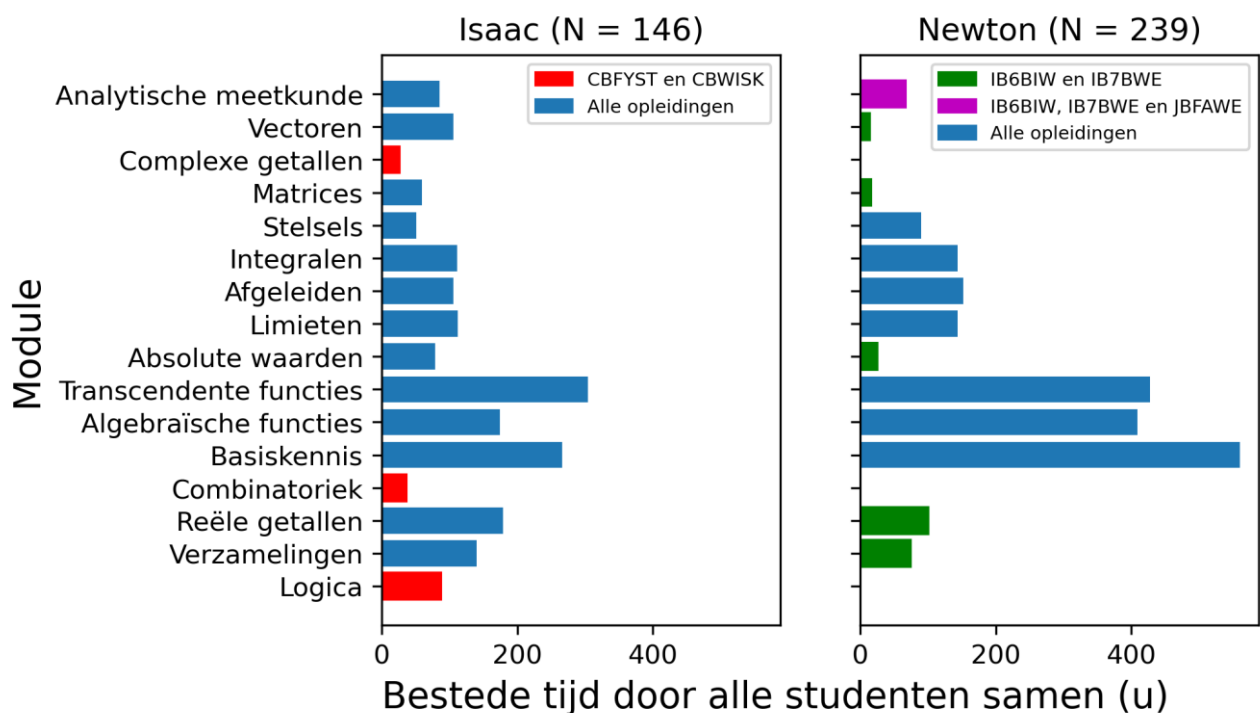
gebruikt. Bij de vergelijking van slechts twee populaties is deze toets equivalent aan een Mann-Whitneytoets [59], dus hiervoor werd ook de Kruskal-Wallistoets toegepast. Bij vergelijking van drie of meer deelpopulaties werd als post-hoc toets een Dunntoets [60] gebruikt om te achterhalen welke deelpopulaties precies een verschillende verdeling vertoonde. Om relaties tussen verschillende variabelen te onderzoeken werd telkens de Spearman rangcorrelatiecoëfficiënt gebruikt [61]. De reden hiervoor is wederom de niet-normale verdeling van de meeste variabelen en de niet-lineaire verbanden die visueel werden waargenomen. In zulke gevallen geeft de populaire Pearson correlatiecoëfficiënt een verkeerd beeld van de samenhang tussen variabelen [62]. Een Spearman correlatiecoëfficiënt is equivalent aan de Pearson correlatiecoëfficiënt van de rang van de geordende waarden. Een hoge Spearman correlatie wijst dus op een monotoon verband en niet zozeer een lineair verband [61]. Tot slot werden semi-partiële Spearman correlaties berekend om het effect van andere mogelijks beïnvloedende variabelen op de onafhankelijke variabele te verwijderen uit de correlatie [63]. Zo werden de effecten van het gedrag op het leerpad onderscheiden van de effecten van voorkennis. Voor de vergelijking van waarschijnlijkheidsverdelingen werden *violinplots* gebruikt met aanduiding van de medianen door een streep. Dit type grafiek geeft een vollediger beeld dan box-plots [64].

7. RESULTATEN EN DISCUSSIE

7.1. Waaraan besteden studenten hun tijd op het online leerpad?

7.1.1. Welke onderwerpen zijn het populairst?

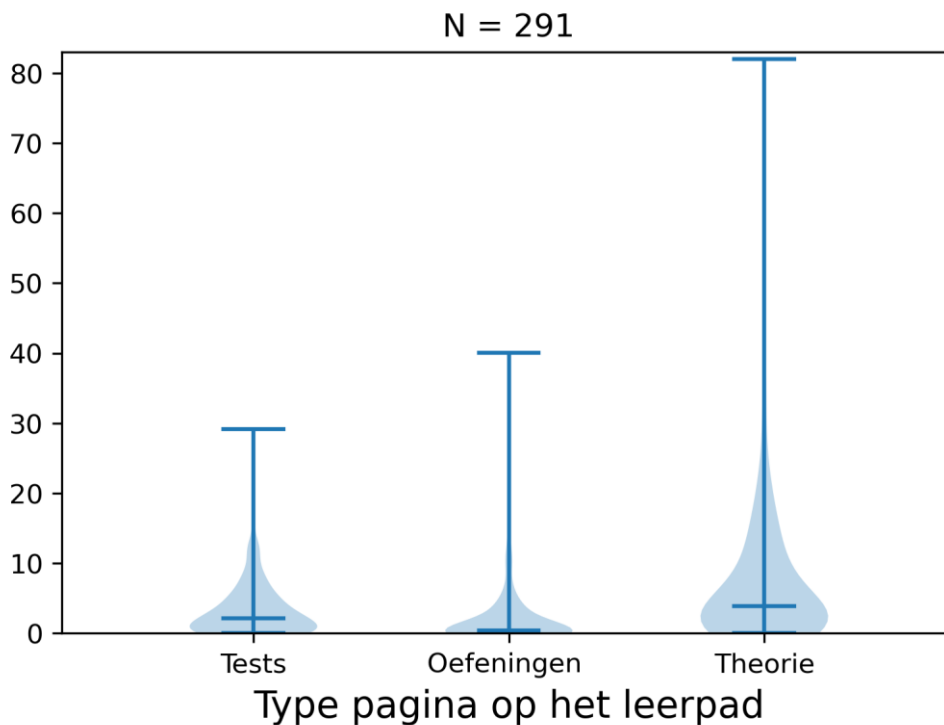
De modules waaraan de gebruikers van de leerpaden het meeste tijd besteedden zijn de basiskennis (over functies), algebraïsche functies en transcendenten functies (Figuur 2). De onderwerpen die verder bouwen op deze basiskennis, zoals limieten, afgeleiden en integralen werden minder bezocht. Dit kan op verschillende manieren verklaard worden. Om te beginnen is het logisch dat voornamelijk studenten met een beperkte basiskennis op deze leerpaden actief zijn en dus aangetrokken zijn tot deze onderwerpen. De meer gevorderde onderwerpen komen ook in de meeste wiskundevakken nog uitgebreider aan bod tijdens het semester en werden dus mogelijks minder bezocht op deze leerpaden door gedeeltelijke overlap met de cursussen (Tabel 4). De chronologie van deze modules in het leerpad kan verder verklaren waarom studenten minder tijd besteden aan de onderwerpen die later aan bod komen. Een deel van de studenten is mogelijks gestopt met het leerpad grondig te doorlopen vanaf een bepaald moment (na de start van het academiejaar). Uit de interviews bleek alvast bij één student dat dit had meegespeeld. Ook de grootte van de modules is van belang. Zo bevatte de module Basiskennis acht pagina's en de module stelsels slechts vijf bij het leerpad Newton. Door al deze verschillende mogelijke verklaringen lijkt het volgend jaar interessanter om een andere analyse uit te voeren. Om te achterhalen welke onderwerpen de studenten als moeilijk ervaren, kan er beter gekeken worden welke scores ze halen bij de zelftests van elke module wanneer ze deze de eerste keer afleggen.



Figuur 2. Overzicht van de totale bestede tijd aan verschillende modules van de leerpaden door alle studenten samen. De volgorde van de modules die de studenten te zien kregen begon bij 'formularium' (onderaan de grafiek) en eindigde bij de 'Enquête'.

7.1.2. Tijd besteed aan tests, oefeningen en theoriepagina's

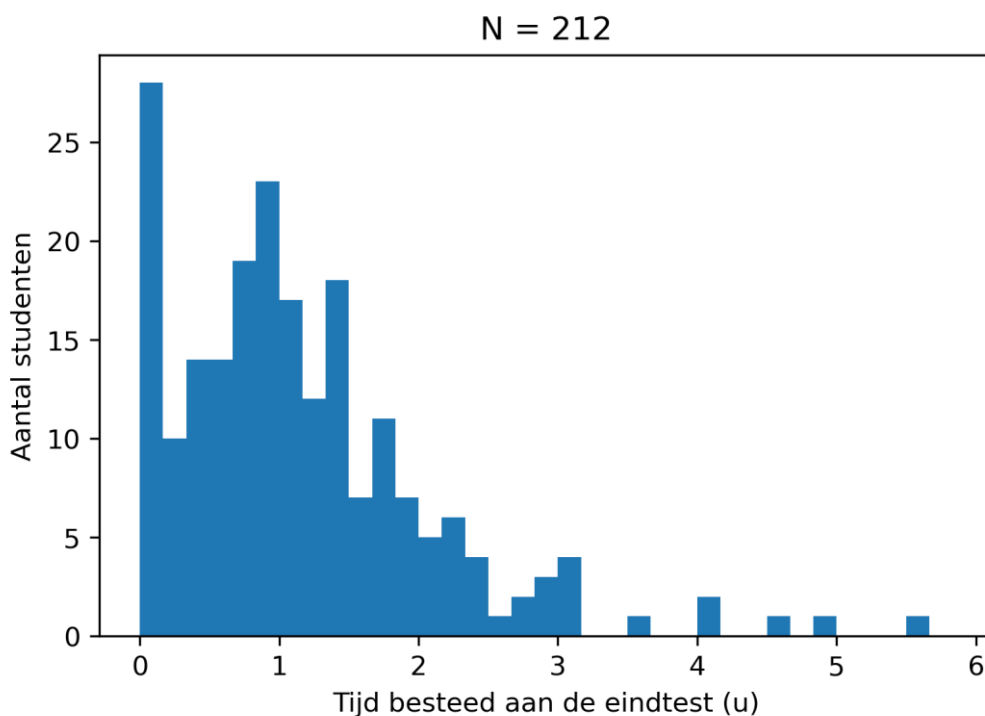
Vanuit de individuele tijdsbestedingen per student werd achterhaald welk type pagina de studenten het meest bezochten en hieruit blijken pagina's met theorie het populairst (Figuur 3). Voor deze figuur werd alle data van de eerste inschrijvers in de opleidingen beschouwd, zowel degenen die verplicht als vrijwillig waren ingeschreven. Het is duidelijk dat pagina's met oefeningen het minst lang bezocht werden, gevolgd door pagina's met zelftests en tot slot theoriepagina's. De tijden variëren tussen de 0 en 80 uur, met de meeste waarden tussen de 0 en de 30 uur. Er zijn duidelijke uitschieters van de drie variabelen te zien, waardoor rechts scheve verdelingen ontstaan. Deze verdelingen zijn te verklaren door de sterke diversiteit in de kenmerken van de studenten die gebruik maken van de leerpaden. Zo hebben bijvoorbeeld sommige studenten een opleiding met minder dan vier uur wiskunde in het secundair onderwijs gevolgd, waardoor bepaalde kennis volledig ontbreekt. In zulke gevallen is het begrijpelijk dat er veel tijd besteed wordt aan het lezen van theorie. Dit was ook de verklaring die één student tijdens een interview aangaf voor de voorkeur voor theoriepagina's. Voor andere studenten zullen de meeste onderwerpen al gezien zijn in het secundair onderwijs, maar dient het leerpad eerder om deze kennis op te frissen. In dat geval kan er sneller overgegaan worden naar het maken van oefeningen en tests. In de interviews bleek voor één student die vrijwillig remedieerde dat testangst ook meespeelde in de voorkeur voor theoriepagina's. Het feit dat de mediaan van de zelftests hoger ligt dan die van de oefeningen kan onder andere liggen aan de verplichting om alle tests af te leggen vooraleer de eindtest kon afgelegd worden.



Figuur 3. De verdeling van de tijd die aan pagina's met verschillende soorten inhoud besteed werd per student, voor alle eerste inschrijvers op het leerpad. De horizontale strepen zijn het minimum, de mediaan en het maximum. Zowel vrijwillig als verplicht remediërende studenten werden hierin opgenomen (N=291).

7.1.3. Tijd besteed aan de eindtest

De tijd die werd besteed aan het afleggen van de eindtest varieerde tussen de 0 en 6 uur (Figuur 4). Deze tijd werd gemeten als het verschil tussen het begin- en eind uur van de test. Dit wil niet zeggen dat er gedurende deze volledige tijd voortdurend geconcentreerd aan de test werd gewerkt. Er is duidelijk een grote groep studenten die minder dan 10 minuten aan de test met 15 vragen besteedde (de meeste linkse balk op het histogram stelt 13% van de studenten voor). Door de lengte van de modeloplossingen lijkt het onwaarschijnlijk dat iemand minder dan één minuut per vraag nodig had. Dit wijst erop dat een deel van de studenten de meeste of alle antwoorden gokte. Dit is ook niet te verwonderen aangezien de remediëring wordt geëvalueerd op het tijdig afleggen van de test en niet op het behaalde resultaat. Een student ervaart dus geen onmiddellijk nadeel van gokken op de eindtest. Wanneer verder de eindtestscore wordt gelinkt aan het gedrag van studenten op de leerpaden (Subsectie 7.3), moeten we dus corrigeren voor het effect van gokgedrag. De tijd besteed aan de eindtest wordt dan als proxy gebruikt om de mate te kwantificeren waarin studenten werkelijk met aandacht de opgaves probeerden op te lossen.

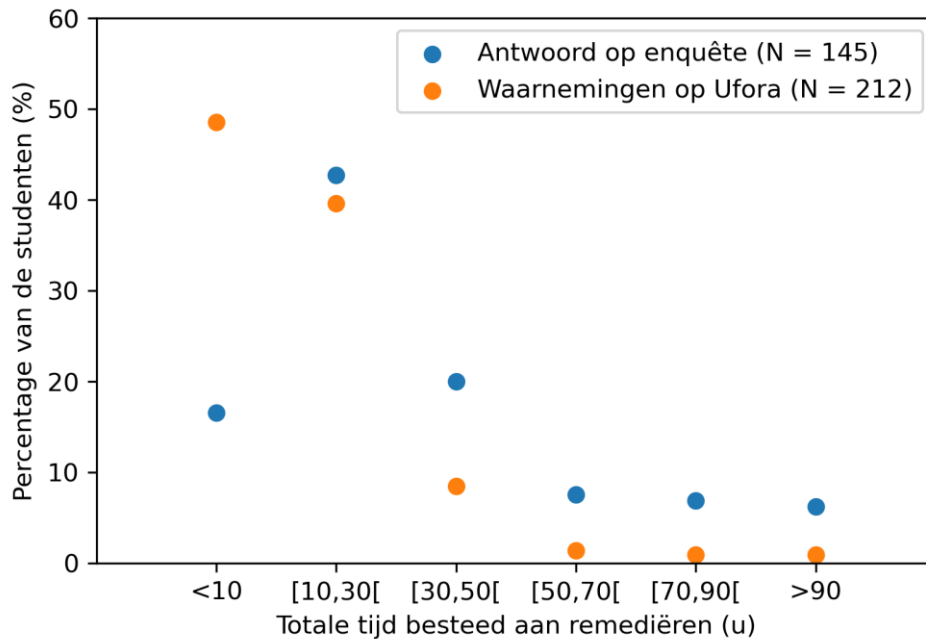


Figuur 4. Histogram van de tijd besteed aan het maken van de eindtest. De breedte van de balken is 10 minuten. Alle studenten die de eindtest aflegden werden opgenomen in de grafiek (N=212).

7.1.4. Relatie tussen de gemeten en zelf ingeschatte tijd

De studenten die de eindtest aflegden konden via de enquête aangeven hoeveel tijd ze in totaal besteedden aan remediëren. Deze zelfgerapporteerde tijden werden vergeleken met de geobserveerde tijden via *learning analytics* (Figuur 5). De verdelingen van de zelfgerapporteerde en waargenomen tijden verschillen duidelijk. De grootste groep studenten besteedde in totaal tussen de 10 en de 30 uur aan remediëren volgens de enquête, terwijl dit volgens de observaties minder dan 10 uur was. Volgens de enquête had 41% van de studenten meer dan 30 uur besteed, terwijl dit volgens de metingen slechts 11% was. Dit fenomeen waarbij studenten hun studietijd overschatten, werd ook in andere studies teruggevonden [53]. Daarenboven zijn de waargenomen tijden mogelijks overschattingen. Wanneer een persoon bijvoorbeeld vijf uur op pagina's met

oefeningen ingelogd was, wil dit niet per sé zeggen dat deze gedurende vijf uur effectief oefeningen aan het maken was. Toch kan het verschil in de verdelingen niet alleen aan een overschatting van hun studietijd liggen. In de enquête werd namelijk gevraagd om de tijd besteed aan zomercursussen mee te tellen bij het antwoord. Bovendien bleek uit de interviews dat studenten soms gebruik maakten van online filmpjes, oude handboeken en ander leermateriaal buiten het leerpad. Deze tijden zitten niet vervat in de *learning analytics* data.



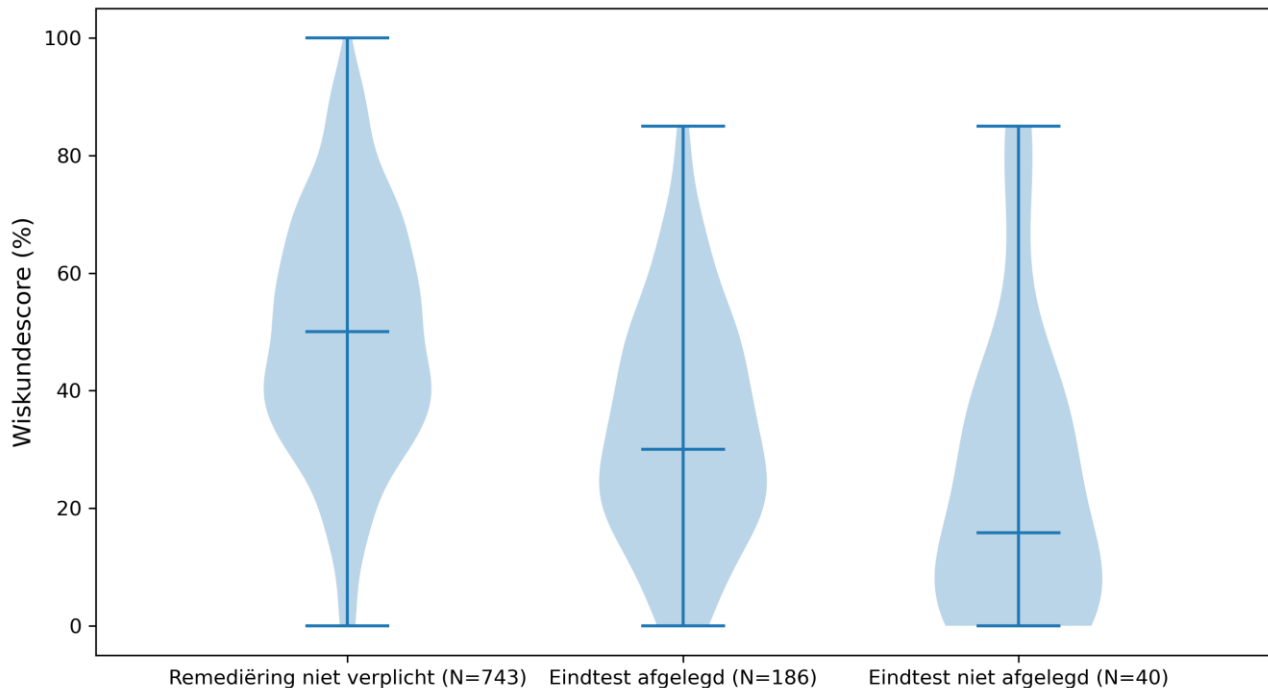
Figuur 5. Vergelijking van de zelfgerapporteerde tijd die werd besteed aan remediëren (via de enquête op het einde van het leerpad, N=145) en de waargenomen tijd via learning analytics (N=212).

7.2. Helpt het online leerpad om wiskundescores in het eerste semester te verbeteren?

7.2.1. Eindtest tijdig afleggen versus de eindtest niet (tijdig) afleggen

De verdelingen van de wiskundescores verschillen significant tussen studenten die niet moesten remediëren, studenten die wel moesten remediëren en de eindtest tijdig afronden en studenten die moesten remediëren, maar de test niet tijdig afronden (Kruskal-Wallisstoets met $p < 0.001$, Figuur 6). De modale wiskundescore in het eerste semester was het hoogst bij de studenten die niet moesten remediëren. Dit toont aan dat de criteria die gebruikt worden om te bepalen of iemand moet remediëren goed gekozen zijn. De groep die de eindtest tijdig afrondde, haalde een significant lagere modale wiskundescore dan de groep die niet moest remediëren (post-hoc Dunntoets met $p < 0.001$). Binnen de groep die verplicht moesten remediëren, haalden degenen die de eindtest niet tijdig afronden ook significant lagere scores dan degenen die dit wel deden (post-hoc Dunntoets met $p = 0.031$). Dit verschil suggereert dat het remediëringstraject in zijn huidige vorm helpt om tekorten bij te werken. De causaliteit valt echter niet te achterhalen. Het kan namelijk ook dat de groep die tijdig de eindtest aflegde meer geneigd is om tijdens het semester op tijd te beginnen studeren en daardoor betere scores behaalt. Merk op dat dit jaar geen hogere cesuur gebruikt werd bij de starttoetsen. De studenten die moesten remediëren zijn dus voornamelijk studenten met ernstige tekorten op vlak van wiskunde, in vergelijking met de startcompetenties. Het was dus niet vanzelfsprekend dat het effect van remediëren viel aan te tonen. Het was enigszins te verwachten dat de huidige populatie

studenten die moesten remediëren te grote tekorten hadden om weg te werken in een kort, voornamelijk zelfstandig af te leggen, remediëringstraject. Dat de verschillen in de wiskundescores tussen de verschillende groepen volgende jaren groter worden ligt in de lijn der verwachting, aangezien er vanaf 2024-2025 wél hogere cesuur gebruikt wordt. De huidige analyse is op populatieniveau en zegt niets over de trajecten en effecten van remediëren voor individuele studenten. Op dit individueel niveau wordt verder ingegaan in latere secties.



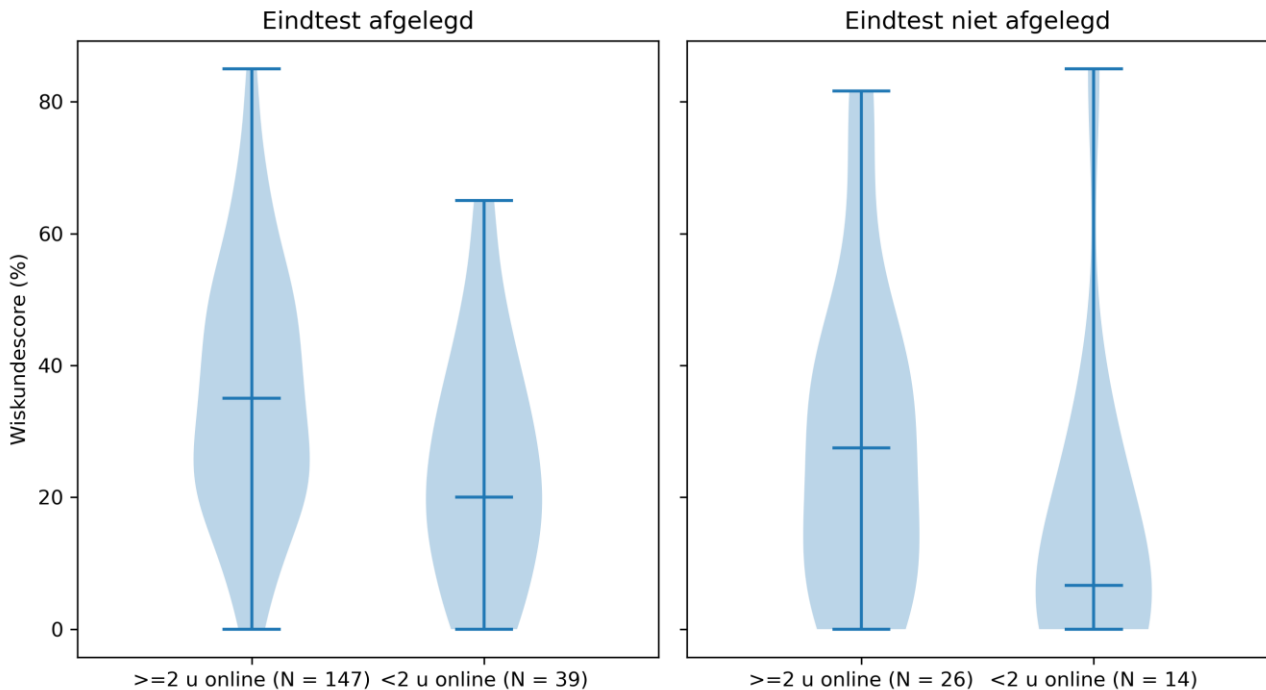
Figuur 6. De verdelingen van de gewogen gemiddelde wiskundescores per student, opgesplitst in drie subpopulaties: studenten die niet verplicht moesten remediëren (N=743) en studenten die wel verplicht moesten remediëren (N=226), met deze laatste groep verder opgesplitst in studenten die de remediëring voltooid hadden door de eindtest tijdig af te leggen (N=186) en studenten die de eindtest niet (tijdig) aflegden (N=40). De drie verdelingen verschillen significant. De horizontale strepen zijn het minimum, de mediaan en het maximum.

7.2.2. Veel tijd versus weinig tijd besteden op het leerpad

In de vorige sectie werd het officiële criterium gebruik om te bepalen of iemand de remediëring voltooid heeft. Iemand die de eindtest tijdig aflegt, heeft echter niet per sé met aandacht geremedieerd. Daarom worden de groepen in deze sectie verder opgesplitst via de *learning analytics* data. We vergelijken hierbij studenten die een 'behoorlijke hoeveelheid tijd' hebben besteed met degenen die dat niet deden. Als drempelwaarde wordt initieel twee uur tijd gekozen.

Binnen de groep die moest remediëren zijn er significante verschillen tussen de verdelingen van de wiskundescores van degenen die een behoorlijke hoeveelheid tijd doorbrachten op het leerpad en degenen die dat niet deden (Kruskal-Wallis-toets met $p < 0.001$). Van de groep die de eindtest tijdig aflegden haalde degenen die meer dan twee uur op het leerpad doorbrachten betere wiskundescores dan degenen die minder tijd doorbrachten (post-hoc Dunntoets met $p = 0.013$). Van degenen die de eindtest niet op tijd aflegden, haalden degenen die meer dan twee uur op het online leerpad doorbrachten ook betere wiskundescores dan degenen die minder tijd doorbrachten, maar dit verschil was niet significant (post-hoc Dunntoets met $p = 0.11$). Dat dit effect niet significant kon aangetoond worden is niet verwonderlijk gezien het klein aantal studenten in

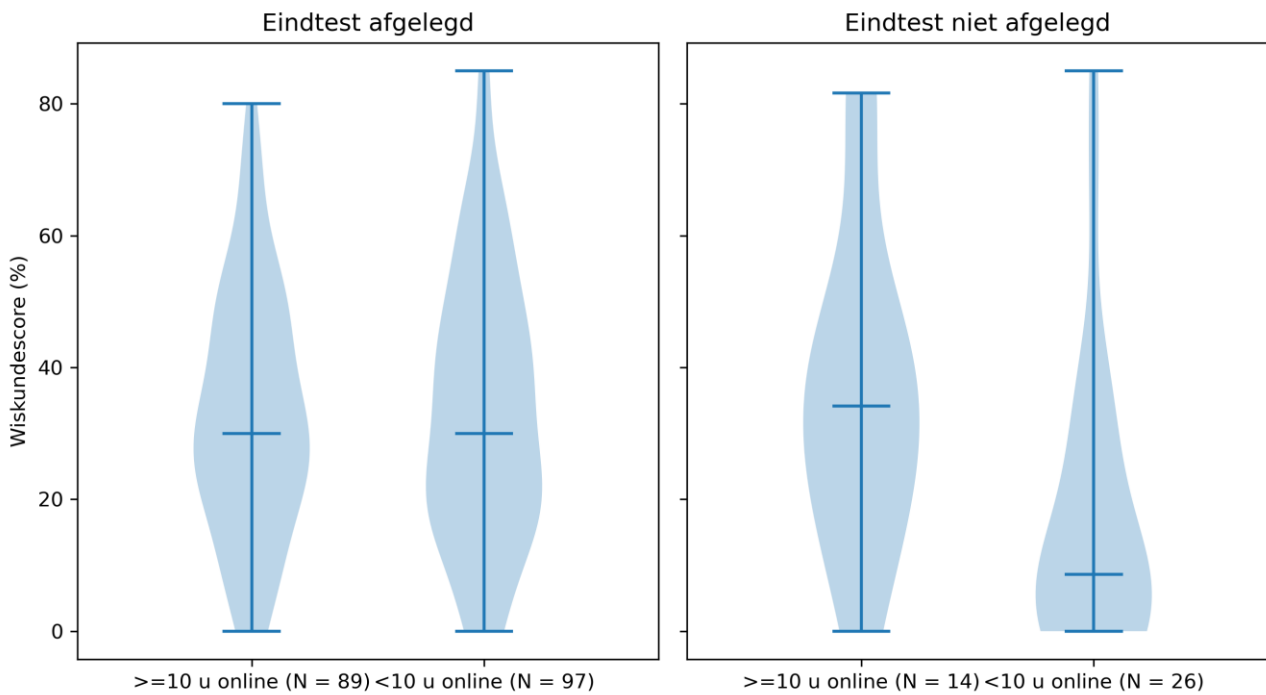
deze subgroepen. Het verschil is het allergrootst tussen de groep die de eindtest aflegde en meer dan twee uur tijd besteedde en de groep die de eindtest niet (tijdig) aflegde en minder dan twee uur tijd besteedde (post-hoc Dunntoets met $p = 0.0002$). Deze analyse toont dat het effect van tijd besteed aan de leerpaden valt te onderscheiden van het effect van pseudoremediëren, waarbij de focus vooral ligt op het tijdig afleggen van de eindtest, al dan niet door te gokken. Dit bevestigt nogmaals dat Isaac en Newton helpen om wiskundevaardigheden te verbeteren. Ook hier valt de causaliteit niet met zekerheid te achterhalen en kan het zijn dat de studenten die meer tijd besteden aan remediëren, ook meer studeren voor wiskunde tijdens het semester.



Figuur 7. De verdelingen van de gewogen gemiddelde wiskundescores per student voor studenten die verplicht moesten remediëren (N=226), opgesplitst in vier subpopulaties: studenten die de remediëring voltooiden door de eindtest tijdig af te leggen (N=186) en studenten die de remediëring niet voltooiden (N=40) worden apart getoond en deze groepen werden verder opgesplitst op basis van de totale tijd die ze besteedden op het leerpad (minstens twee uur of minder dan twee uur). De eerste twee verdelingen verschillen statistisch significant (linker kader). De laatste twee niet (rechter kader). De horizontale strepen zijn het minimum, de mediaan en het maximum

Aangezien de grens van twee uur arbitrair is, werd een analoge analyse uitgevoerd met de grens op 10 uur (Figuur 8). Hierbij verschilt alleen nog de verdeling van de personen die de eindtest niet aflegden en minder dan 10 uur op het leerpad doorbrachten met de andere verdelingen (post-hoc Dunntoets met $p < 0.01$). De verklaring is dat hier meerdere achterliggende effecten meespelen. Er zijn namelijk veel redenen waarom iemand meer dan 10 uur op het leerpad zou doorbrengen. Enerzijds toont dit een goede studiehouding en is er effectief tijd doorgebracht met het studeren van wiskunde. Anderzijds zijn het waarschijnlijk vooral studenten met een erg grote achterstand door een minder geschikte vooropleiding die meer dan 10 uur op het leerpad doorbrengen. Deze effecten heffen elkaar mogelijk op als je de grens op 10 uur legt. Een ander effect dat mogelijk meespeelt, is dat studenten die minder dan 10 uur tijd besteedden op het leerpad, misschien tijdens het eerste semester meer tijd besteedden aan het studeren van hun wiskundevakken, en op die manier toch goed scoren voor wiskunde. Er zijn nog tal van andere beïnvloedende factoren die niet gemeten werden, zoals motivatie, ondersteuning door de omgeving, de beschikbare tijd om te remediëren, de momenten waarop geremedieerd wordt etc. Om zulke effecten toch iets meer te kunnen onderscheiden, wordt het effect van tijd

besteed aan verschillende types modules als continue variabele bestudeerd in de volgende secties. Uit de literatuur blijkt ook dat het opsplitsen van continue variabelen in categorieën, om zo ordinale variabelen te verkrijgen, tot foute conclusies kan leiden [65].



Figuur 8. De verdelingen van de gewogen gemiddelde wiskundescores per student voor studenten die verplicht moesten remediëren (N=226), opgesplitst in vier subpopulaties: studenten die de remediëring voltooiden door de eindtest tijdig af te leggen (N=186) en studenten die de remediëring niet voltooiden (N=40) worden apart getoond en deze groepen werden verder opgesplitst op basis van de totale tijd die ze besteedden op het leerpad (minstens 10 uur of minder dan 10 uur). De eerste twee verdelingen verschillen niet statistisch significant (linker kader). De laatste twee wel (rechter kader). De horizontale strepen zijn het minimum, de mediaan en het maximum

7.3. Wat is de relatie tussen de eindtestscore en de tijdsbesteding?

In deze sectie wordt eerst relatie tussen de verschillende variabelen in Figuur 9 apart besproken en nadien wordt de relatie tussen de verschillende variabelen onderling bestudeerd.

7.3.1. Het effect van de tijd besteed aan zelftests, oefeningen en theorie

De relatie tussen de eindtestscore en de tijd besteed aan verschillende types pagina's van het leerpad lijkt visueel een monotoon stijgende curve, met een afvlakking op het einde (Figuur 9). De significant positieve Spearman correlatiecoëfficiënten onderschrijven deze algemene positieve trend (Tabel 6). Deze tijden zijn maten voor de inspanning die studenten leveren tijdens het remediëren. De positieve relatie bevestigt dat tijdsinvestering in het leerpad helpt om wiskundevaardigheden te verbeteren. Er kan een kleine daling van de eindtestscore opgemerkt worden bij studenten die heel veel tijd besteedden aan theorie, mogelijk omdat deze groep een erg grote achterstand had op wiskunde. Deze studenten zijn dus misschien niet bezig met remediëren, maar met het verwerken van totaal nieuwe leerstof. Tijdens de interviews bleek bijvoorbeeld dat één student minder dan 4 uur wiskunde per week kreeg in het middelbaar en er bijgevolg voor had gekozen om bijna uitsluitend tijd in de theorie te steken.

7.3.2. Het effect van inschrijving in de zomercursus

De relatie tussen de eindtestscore en inschrijving voor de zomercursus is significant negatief (Figuur 9 en Tabel 6). Dit licht negatieve verband met de zomercursus ligt mogelijks aan de selectie van studenten die zich hiervoor inschreven. Inschrijving kan wijzen op een erg gebrekkige voorkennis op vlak van wiskunde.

7.3.3. Het effect van de tijd besteed aan de eindtest

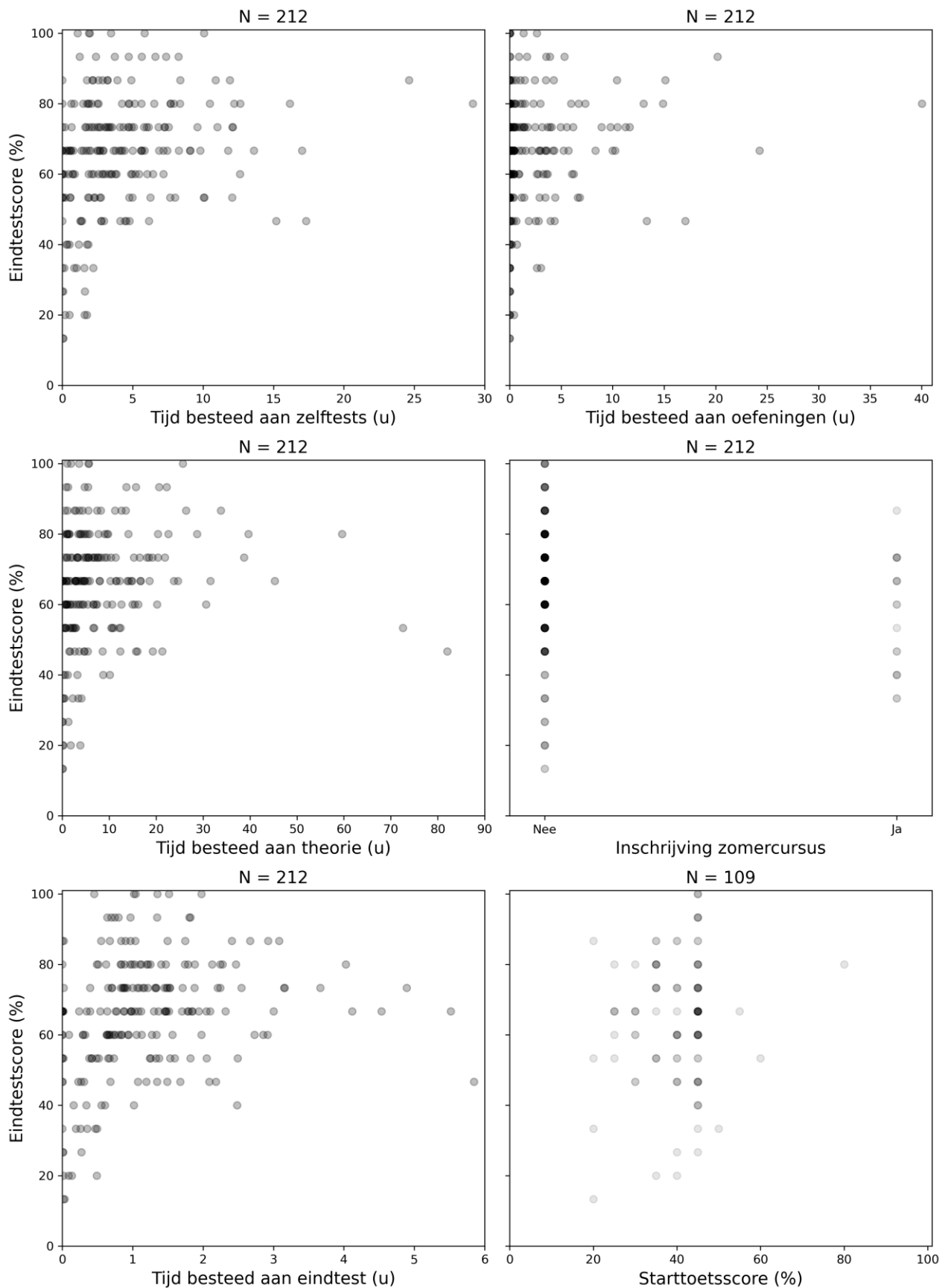
De tijd die studenten besteedden aan de eindtest heeft een significant monotoon positief effect op de eindtestscore (Figuur 9 en Tabel 6). Dit viel te verwachten, aangezien een test waar men meer tijd aan besteed logisch gezien een hogere score oplevert. De studenten die extreem weinig tijd besteedden aan de eindtest waren mogelijks vooral aan het gokken.

7.3.4. Het effect van voorkennis

De starttoetsscore vertoont visueel een licht positief verband met de eindtestscore, maar de correlatiecoëfficiënt is klein en niet-significant (Figuur 9 en Tabel 6). Hoewel je zou verwachten dat de starttoetsscore een goede maat is voor de voorkennis, valt de beperkte correlatie te verklaren doordat enkel de starttoetsscores beschikbaar waren van studenten die moesten remediëren. Het zijn dus per definitie voornamelijk lage scores die in de dataset aanwezig zijn, wat de spreiding op de data en dus eventuele relaties moeilijk zichtbaar maakt.

7.3.5. De effecten bovenop het effect van voorkennis en de tijd besteed aan de eindtest

Om te compenseren voor het effect van voorkennis werden ook semi-partiële correlatiecoëfficiënten berekend, waarbij gecorrigeerd werd voor de correlatie tussen de eindtestscore en de starttoetsscore (Tabel 6). De semi-partiële correlatiecoëfficiënten voor de tijdsbesteding op verschillende types pagina's zijn allen positief en zelfs groter dan de nulde-orde correlatiecoëfficiënten. Dit toont aan dat het positieve effect van tijdsbesteding op de eindscores onderscheiden kan worden van het effect van voorkennis. De gelijkaardige waarden van de correlatiecoëfficiënten voor zelftests, oefeningen en theorie suggereert dat het type pagina's dat bezocht werd er minder toe deed dan het bezoeken van het leerpad *an sich*. Dit is enigszins onverwacht omdat zelftests en oefeningen meer actieve studeermethodes kunnen uitlokken dan theoriepagina's (Subsectie 5.3.2). De pagina's met theorie bevatten echter ook voorbeeldoefeningen die actief gebruikt kunnen worden door studenten en kleine interactieve oefeningen via H5P. Bovendien is de tijd besteed aan pagina's met oefeningen ook gedeeltelijk passief besteed, bv. wanneer er enkel naar modeloplossingen gekeken wordt of wanneer men ingelogd blijft zonder effectief oefeningen te maken. Ten derde werd er op de zelftests waarschijnlijk regelmatig gegokt, waardoor dit niet als actief studeren geldt. De semi-partiële correlatiecoëfficiënt van de inschrijving voor de zomercursus en de eindtestscore was niet meer significant. Dit bevestigt de hypothese dat het negatieve effect van de zomercursus gedeeltelijk te wijten is aan de beperkte voorkennis van studenten die zich inschrijven voor zo'n cursus.



Figuur 9. Relatie tussen de eindtestscores die studenten op het leerpad behaalde en de tijd die ze besteedden op het leerpad aan pagina's met zelftests, oefeningen en theorie, de tijd besteed aan het afleggen van de eindtest (N=212), hun starttoetscore (N=109) en het al dan niet inschrijven voor de zomercursus (N=212). Alle studenten die de eindtest hebben afgelegd, al dan niet vrijwillig, zijn opgenomen in de grafieken en statistische analyses.

Tabel 6. Spearman correlatiecoëfficiënten en semi-partiële Spearman correlatiecoëfficiënten tussen de eindtestscore en verschillende variabelen.

Variabelen	Spearman correlatiecoëfficiënt	Semi-partiële Spearman correlatiecoëfficiënt met correctie voor het effect van de starttoetsscore	Semi-partiële Spearman correlatiecoëfficiënt met correctie voor het effect van de tijd besteed aan de eindtest
Tijd besteed aan zelftests	0.31* (p<0.001, N=212)	0.33* (p<0.001, N=109)	0.19* (p=0.052, N=109)
Tijd besteed aan oefeningen	0.19* (p=0.0059, N=212)	0.28* (p<0.001, N=109)	0.18 (p=0.064, N=109)
Tijd besteed aan theorie	0.24* (p<0.001, N=212)	0.32* (p<0.001, N=109)	0.18 (p=0.070, N=109)
Totale bestede tijd	0.29* (p<0.001, N=212)	0.36* (p=0.0016, N=109)	0.21* (p=0.028, N=109)
Inschrijving zomercursus	-0.15* (p=0.035, N=212)	-0.070 (p=0.47, N=109)	-0.12 (p=0.23, N=109)
Tijd besteed aan eindtest	0.32* (p<0.001, N=212)	0.29* (p=0.0024, N=109)	
Starttoetsscore	0.062 (p=0.52, N=109)		

Er werden tevens semi-partiële correlatiecoëfficiënten berekend voor de tijdsbestedingen met een correctie voor de correlatie tussen de eindtestscore en de tijd besteed aan de eindtest én de starttoetsscore. Deze waren kleiner en niet meer significant voor de tijd besteed aan zelftests, oefeningen en theorie. Het effect van de totale bestede tijd op het leerpad bleef echter wel significant. Dit suggereert dat tijd besteden aan het leerpad de eindtestscores positief beïnvloedt, zelfs bovenop het effect van voorkennis en bovenop het effect van de eindtest met aandacht oplossen. Deze analyses kunnen volgend jaar, na de invoering van hogere cesuur op de starttoets, best herhaald worden. Het probleem is dat er nu voor slechts 109 studenten starttoetsscores beschikbaar waren voor dit onderzoek, waardoor het onderscheidend vermogen van de statistische toetsen beperkt is.

7.4. Wat is de relatie tussen de wiskundescores in het eerste semester en de tijdsbesteding

In Sectie 7.3 werd enkel de eindtestscore als uitkomst van het remediëringstraject beschouwd, maar deze score is niet van rechtstreeks belang voor het studiesucces van de studenten. Daarom wordt in deze sectie bestudeerd hoe de tijdsbesteding van de studenten de wiskundescore in het eerste semester beïnvloedde.

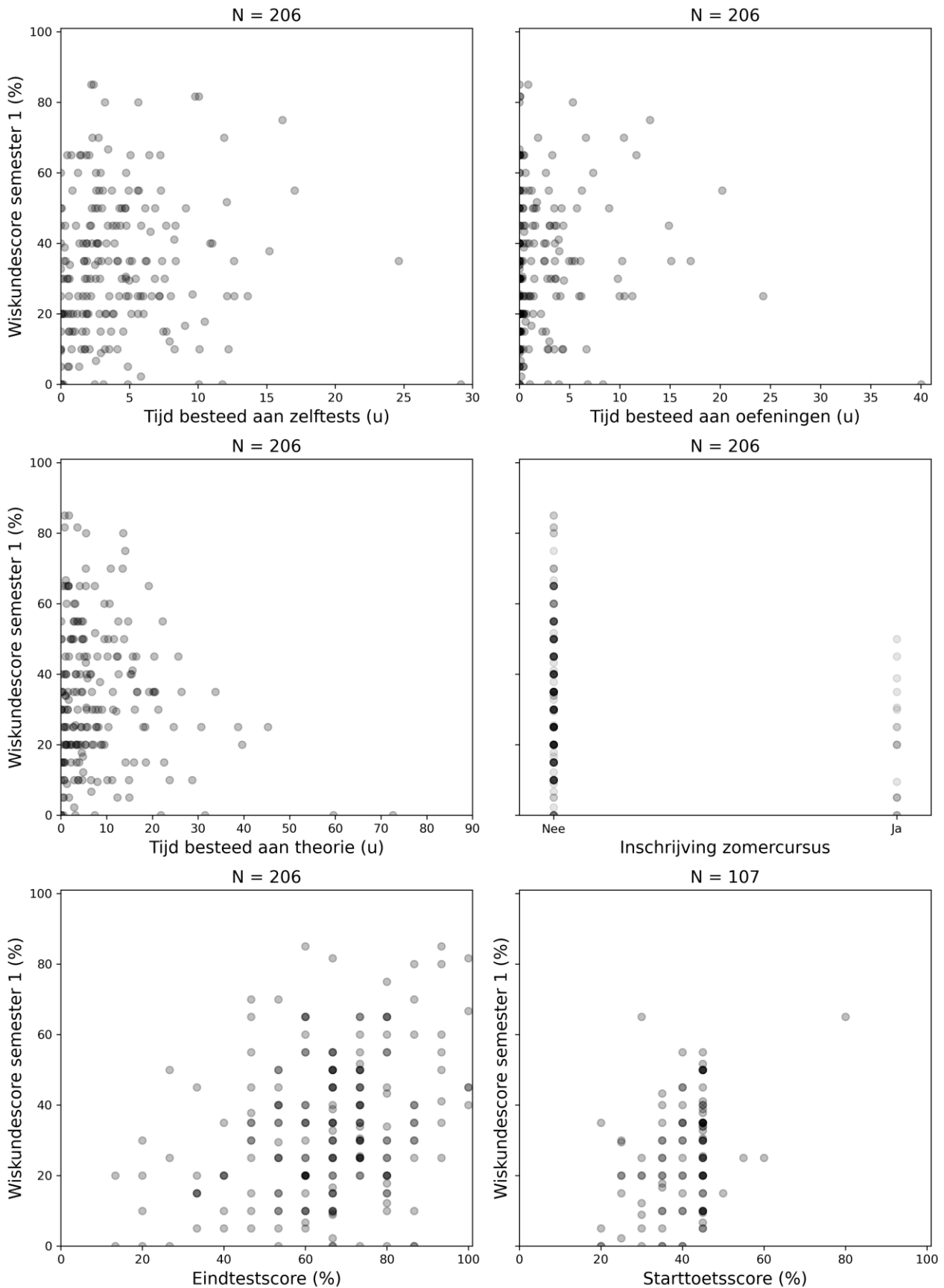
7.4.1. Het effect van de tijd besteed aan zelftests, oefeningen en theorie

De relatie tussen de tijd besteed aan verschillende types pagina's met de gewogen gemiddelde wiskundescore in het eerste semester is minder duidelijk dan met de eindtestscore, maar je kan nog een licht positieve relatie herkennen met de tijd besteed aan zelftests en oefeningen (Figuur 10). De lage correlaties bevestigen dit kleine effect, maar de correlatie met de tijd besteed aan zelftests is wel nog significant (Tabel 7). Dat het effect van de bestede tijd op de wiskundescores in het eerste semester minder duidelijk is dan op de eindtestscore is logisch om verschillende redenen. Ten eerste zit er veel tijd tussen het doornemen van het leerpad en het afleggen van de examens. We beschouwen dus een langetermijneffect. In deze tijd kunnen studenten zich op allerlei verschillende manieren gedragen die de wiskundescore beïnvloedt op een manier die niet gemeten werd. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat studenten die minder tijd aan de remediëring besteedden, meer tijd aan de wiskundevakken besteedden tijdens het semester, waardoor hun wiskundevaardigheid op een gelijkaardige manier toenam. Ten tweede is de inhoud van de examens en taken van de wiskundevakken niet identiek aan de inhoud van de remediëring, al is er wel enige overlap. Ten derde is het maken van zelftests een minder goede voorbereiding op de types vragen op de wiskunde-examens dan op de eindtests. De zelftests bevatten, net zoals de eindtest, voornamelijk meerkeuzevragen. De vragen op de wiskunde-examens van alle beschouwde opleidingen zijn echter open vragen, behalve bij farmaceutische wetenschappen, waar meerkeuzevragen worden gesteld [66]. Oefenen op strategieën voor meerkeuzevragen, zoals eliminatie zal dus voor de meeste van die vakken niet meer helpen.

Met deze beschouwingen, is het eigenlijk verassend dat er nog een significant effect van de zelftests waarneembaar is. Een eerste mogelijke verklaring is dat deze tijd vooral actief besteed werd. Studies onder gecontroleerde omstandigheden hebben aangetoond dat actief studeren op korte termijn geen betere leereffecten oplevert dan passief studeren, maar op lange termijn wel [67, 68]. Het positieve effect van formatieve testen in het bijzonder, is meermaals bewezen [54, 55]. Bovendien wordt er na het afleggen van een test automatisch feedback gegeven in de vorm van een score en modeloplossing of tips om zelf tot die oplossing te komen. Het positieve effect van feedback op leren is uitvoerig gedocumenteerd [69]. Er is uiteraard niet enkel een rechtstreeks causaal verband, want de inhoud van de wiskundevakken en het leerpad overlappen slechts gedeeltelijk. De studenten die meer actief remediëren zullen er waarschijnlijk ook voor de rest van het semester meer actieve studeergewoontes op nahouden. De positieve correlatie is dus deels te wijten aan verschillende gewoontes. Uit onderzoek blijkt namelijk dat het veranderen van studeergewoontes als moeilijk wordt ervaren [70].

7.4.2. Het effect van inschrijving in de zomercursus en voorkennis

Inschrijving voor de zomercursus is negatief gecorreleerd met de wiskundescore en zelfs sterker dan met de eindtestscore in de vorige sectie (Figuur 10, Tabel 7). Dezelfde mechanismen spelen hier een rol als beschreven in Subsectie 7.3.2. Als maat voor de voorkennis kan je zowel de starttoetscore als de eindtestscore beschouwen. Beide indicatoren vertonen een significant positieve correlatiecoëfficiënt met de wiskundescore in het eerste semester (Figuur 10, Tabel 7). Dit geeft aan dat beide scores een predictor zijn voor de wiskundescores.



Figuur 10. Relatie tussen de gewogen gemiddelde wiskundescores behaald in het eerste semester en de tijd besteed op het leerpad aan pagina's met zelftests, oefeningen en theorie, het al dan niet inschrijven voor de zomercursus en hun eindtestscore (N=206) en starttoetscore (N=107). Alleen die studenten zijn opgenomen die de eindtest hebben afgelegd, al dan niet vrijwillig, en waarvan de wiskundescores beschikbaar waren.

Tabel 7. Spearman correlatiecoëfficiënten en semi-partiële Spearman correlatiecoëfficiënten tussen de gewogen gemiddelde wiskundescores en verschillende variabelen.

Variabelen	Spearman correlatiecoëfficiënt	Semi-partiële correlatiecoëfficiënt met correctie voor de starttoetsscore
Tijd besteed aan zelftests	0.15* (p=0.032, N=206)	0.086 (p=0.38, N=107)
Tijd besteed aan oefeningen	0.13 (p=0.06, N=206)	0.066 (p=0.50, N=107)
Tijd besteed aan theorie	0.024 (p=0.73, N=206)	-0.037 (p=0.70, N=107)
Totale tijd	0.087 (p=0.22, N=206)	0.0022 (p=0.98, N=107)
Inschrijving zomercursus	-0.20* (p=0.0041, N=206)	-0.21* (p=0.029, N=107)
Eindtestscore	0.28* (p=0.000041, N=206)	0.22* (p=0.021, N=107)
Starttoetsscore	0.32* (p<0.001, N=107)	

7.4.3. De effecten bovenop het effect van voorkennis

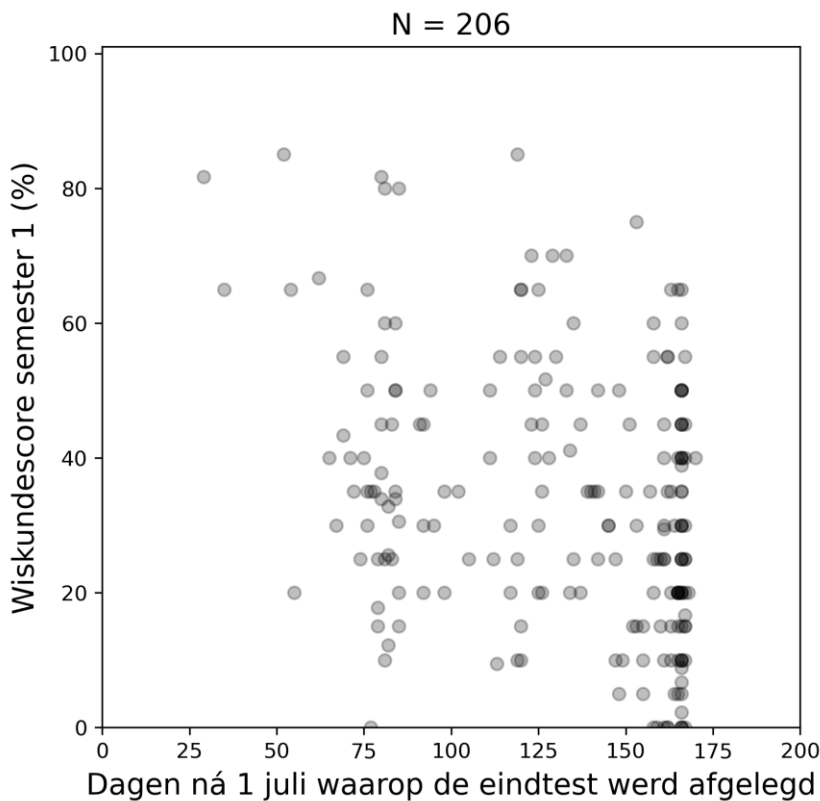
Om te compenseren voor het effect van voorkennis werden ook semi-partiële correlatiecoëfficiënten berekend, waarbij gecorrigeerd werd voor de correlatie tussen de wiskundescore en de starttoetsscore (Tabel 7). De semi-partiële correlatiecoëfficiënten voor de tijdsbesteding op verschillende types pagina's zijn allen kleiner dan de nulde-orde correlatiecoëfficiënten en zijn niet significant. Het effect van de tijdsbesteding op de wiskundescores valt dus niet te onderscheiden van het effect van de voorkennis op basis van deze dataset. De semi-partiële correlatiecoëfficiënt voor de eindtestscore was nog steeds significant. Dit toont aan dat de voorspellende kracht van de eindtestscore te onderscheiden valt van de voorspellende kracht van de starttoetsscore bij studenten die moesten remediëren.

7.5. Is vroeg remediëren beter dan laat?

Vanuit een praktisch perspectief wordt in deze laatste sectie onderzocht of de timing van de remediëring doorheen het jaar van belang is. De UGent, VUB, KU Leuven raden expliciet aan om te remediëren vóór de start van het academiejaar in plaats van tijdens het academiejaar [6, 7, 66]. Deze sectie gaat na of dit effectief belangrijk is.

Wanneer de groep wordt opgesplitst in een groep die vóór de start van het academiejaar de eindtest aflegde en de groep die het tijdens het academiejaar deed, dan is er net geen statistisch significant verschil tussen hun wiskundescores (Kruskal-Wallistoets met $p = 0.052$). Aangezien het opsplitsen van continue variabelen in categorieën het onderscheidend vermogen van statistische toetsen verlaagt door het verlies van informatie

[65, 71], werd de wiskundescore uitgezet ten opzichte van het aantal dagen tussen 1 juli 2023 en de dag waarop een student de eindtest aflegde (Figuur 11). 1 juli werd als referentie gebruikt omdat op die datum de leerpaden ter beschikking werden gesteld. Visueel valt een dalende trend te zien. De Spearman correlatiecoëfficiënt tussen beide is -0.30^* ($p < 0.001$, $N = 206$). Het negatieve verband heeft verschillende mogelijke verklaringen. Zo overlapt de groep studenten die laat remedieerden voor een groot deel met de groep die aan pseudoremediëren deed. Dit wordt bevestigd door de significant negatieve correlatiecoëfficiënt van -0.29 tussen de duur van de eindtest en het moment waarop de eindtest werd afgelegd ($p < 0.001$) en de significant negatieve correlatiecoëfficiënt van -0.22 tussen de totale bestede tijd en het moment waarop de eindtest werd afgelegd ($p = 0.0012$). Anderzijds zijn er een aantal studenten die de eindtest vroeg konden afleggen doordat ze deelnamen aan de zomercursus. Om te onderzoeken of de timing van de eindtest op zich een effect heeft bovenop deze onrechtstreekse effecten, werd de semi-partiële correlatiecoëfficiënt berekend, met een correctie voor het effect van de starttoetscore, de totale tijd besteed aan het leerpad en de inschrijving voor de zomercursus op de wiskundescore. Deze was nog steeds significant, met een waarde van -0.28^* ($p = 0.0037$, $N = 107$). Dit betekent dat het moment waarop de eindtest wordt afgerond de wiskundescores beïnvloedt, bovenop de effecten van voorkennis en de intensiteit en manier waarop geremedieerd werd. Vroeg remediëren is dus inderdaad beter dan laat. Dit blijkt zelfs de belangrijkste voorspeller voor de wiskundescore in deze studie. Een mogelijke verklaring is dat studenten meer gespreid studeren als ze vroeg remediëren en nadien tijdens de lessen wiskunde dezelfde onderwerpen nog eens herhalen (zie Subsectie 5.3.1). Het is echter even goed mogelijk dat studenten die vroeger remediëren ook vroeger beginnen studeren voor de vakken tijdens het semester en een meer gepaste studiehouding en motivatie hebben voor de opleidingen. Studenten die later de eindtest aflegden zullen gemiddeld gezien misschien meer uitstelgedrag vertonen.



Figuur 11. Relatie tussen de gewogen gemiddelde wiskundescore behaald in het eerste semester en het aantal dagen na 1 juli (de dag waarop de leerpaden ter beschikking werden gesteld) waarop de eindtest werd afgelegd ($N = 206$).

7.6. Suggesties om het remediëringstraject te verbeteren

Op basis van deze resultaten en de literatuurstudie, kunnen enkele suggesties geformuleerd worden om de leerpaden Isaac en Newton te verbeteren:

- De resultaten van deze studie kunnen via het leerpad, via de lessen wiskunde en via de studiebegeleiding gedeeld worden met de studenten om hen te motiveren om tijd te besteden aan de remediëring, tijdig het traject af te ronden en niet aan pseudoremediëring te doen.
- Er was geen enkele voorwaarde om een volgende test te kunnen afleggen. Toepassing van *Mastery learning* kan de leereffecten verbeteren door als voorwaarde een minimale score op een vorige test op te leggen.
- Om de zelfregulatie van studenten te verbeteren kunnen de studenten op het leerpad op gepaste momenten in het leerpad verwezen worden naar de tool 'voortgang'. Hierop krijgen gebruikers te zien hoeveel tijd ze aan verschillende types pagina's en modules hebben besteed, wat hun scores waren op de zelftests, welke modules ze reeds helemaal voltooid hebben etc. Dit kan gedeeltelijk de overschatting van de bestede tijd tegengaan.
- Om de tijd op de pagina's met oefeningen efficiënter te besteden kan hier best meer feedback voorzien worden. Dit wordt al voor een groot deel tegemoetgekomen door de introductie van vragenmomenten in de zomer van 2024 en de geplande toevoeging van meer modeloplossingen. Om zelfregulatie uit te lokken kan er echter ook een knop voorzien worden met 'tips'. Indrukken van deze knop kan bijvoorbeeld de eerste stap of een stappenplan geven om de oefening op te lossen, een specifieke moeilijkheid in de oefening benoemen of zeggen op welke theoriepagina er een gelijkaardig voorbeeld staat uitgewerkt. Op deze manier wordt de mogelijkheid op passief leren verkleind, maar wordt er toch ondersteuning geboden aan degenen die het nodig hebben.
- Om de zelftests beter te laten voorbereiden op de wiskundevakken tijdens het eerste semester, zouden hier meer open vragen in kunnen worden verwerkt. Het type open vragen waarbij een getal of één woord als uitkomst wordt verwacht is hierbij het eenvoudigst te implementeren, omdat dit nog steeds automatische feedback toelaat. Ook moet herbekeken worden of de automatische feedback voldoende informatief is (met hints over de taak én het proces), zodat het leereffect hiermee gemaximaliseerd wordt. Momenteel is de meeste feedback voornamelijk correctief.

8. CONCLUSIE

Via *learning analytics* toegepast op data van de leerpaden Isaac en Newton, gebruikt voor de remediëring wiskunde verbonden aan de starttoets, konden de onderstaande conclusies getrokken worden. De conclusies worden gegroepeerd per onderzoeksvraag.

1. Waaraan besteden studenten hun tijd op het online leerpad?

Studenten besteedden hun tijd voornamelijk aan basiskennis en minder aan gevorderde onderwerpen zoals calculus. Het meeste tijd werd besteed op pagina's met theorie, gevolgd door pagina's met zelftests en oefeningen. Door sommige studenten werd minder dan 10 minuten tijd besteed aan de eindtest, wat gokgedrag impliceert. De totale tijd die besteed werd aan remediëren, werd eerder overschat door de studenten.

2. Helpt het online leerpad om wiskundescores in het eerste semester te verbeteren?

De wiskundescores in het eerste semester waren het hoogst bij de groep die niet moest remediëren, gevolgd door de groep die wel moest remediëren en de eindtest tijdig aflegde en de scores waren het laagst bij studenten die de eindtest niet tijdig aflegden. Dit suggereert dat het remediëringstraject in de beschouwde vorm effectief is om wiskundevaardigheden te remediëren. De causaliteit valt echter niet te achterhalen via deze data. Het valt niet uit te sluiten dat de groep die tijdig de eindtest aflegde ook geneigd is om tijdens het semester vroeger te beginnen studeren en daarom betere scores behaald.

6. Wat is de relatie tussen de eindtestscore en de tijdsbesteding op het leerpad?

Hoe meer tijd studenten besteedden op het leerpad, hoe hoger hun score op de eindtest. Dit effect viel te onderscheiden van de effecten van voorkennis (benaderd via de starttoetsscore) en het aandachtig afleggen van de eindtest (benaderd door de tijd besteed aan de eindtest).

3. Wat is de relatie tussen de wiskundescores in het eerste semester en de tijdsbesteding?

Hoe groter de tijd besteed aan pagina's met zelftests, hoe hoger de score op wiskundevakken in het eerste semester. Dit effect viel echter niet te onderscheiden van het effect van de voorkennis (benaderd via de starttoetsscore). De eindtestscore bleek wel een predictor voor de wiskundescore, en dit bovenop het voorspellende effect van de starttoetsscore bij studenten die moesten remediëren.

4. Is vroeg remediëren beter dan laat?

Vroeg remediëren bleek inderdaad betere wiskundescores te voorspellen in het eerste semester, en dit effect viel te onderscheiden van de effecten van de totale bestede tijd op het leerpad, deelname aan de zomercursus en de starttoetsscore.

9. LITERATUURLIJST

- [1] V. Nollet, D. Delespaul, en A. Van Liedekerke, 'Wordt de afstand tussen het hoger en secundair onderwijs stilaan onoverbrugbaar?', *Veto*, apr. 2019, Geraadpleegd: 8 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.veto.be/onderwijs/wordt-de-afstand-tussen-het-hoger-en-secundair-onderwijs-stilaan-onoverbrugbaar/254969>
- [2] *Decreet over de instroom en het optimaliseren van de studie-efficiëntie in het hoger onderwijs en overige organisatorische aspecten van het hoger onderwijs*. Vlaamse Codex, 2022, p. 63467.
- [3] *Besluit van de Vlaamse Regering tot vastlegging van de lijst van de bacheloropleidingen met een starttoets*. Vlaamse Codex, 2022, p. 14732.
- [4] Universiteit Gent, 'Uitzonderingen op starttoets', www.ugent.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.ugent.be/nl/opleidingen/bacheloropleidingen/studiekeuze/ijkingstoets-starttoets-toelatingsexamen/uitzonderingen-starttoets.htm>
- [5] Universiteit Hasselt, 'Toelatingsvoorwaarden', www.uhasselt.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.uhasselt.be/nl/studeren/inschrijven/toelatingsvoorwaarden#anch-c11-verplichte-ijkingstoetsen-starttoetsen>
- [6] Vrije Universiteit Brussel, 'IJkingstoetsen', www.vub.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.vub.be/nl/studeren-aan-de-vub/inschrijven-aan-de-vub/toelatingsexamen-en-ijkingstoetsen/ijkingstoetsen#paragraph--id--180501>
- [7] Katholieke Universiteit Leuven, 'IJkingstoets', www.kuleuven.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.biw.kuleuven.be/studeren/toekomstige-studenten/ijkingstoets/>
- [8] Universiteit Antwerpen, 'Remediëring', www.uantwerpen.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.uantwerpen.be/nl/studeren/voorbereiding-advies-studiekeuze/secundair-universiteit/ijkingstoets/remediëring/>
- [9] L. Fonteyne, W. Duyck, en F. De Fruyt, 'Program-specific prediction of academic achievement on the basis of cognitive and non-cognitive factors', *Learn Individ Differ*, vol. 56, pp. 34–48, mei 2017, doi: 10.1016/j.lindif.2017.05.003.
- [10] I. De Meyer e.a., 'Vlaams Rapport PISA 2022', Gent, 2023.
- [11] J. Faddar e.a., 'Vlaanderen in TIMSS 2019. Wiskunde- en wetenschapsprestaties van het vierde leerjaar in internationaal perspectief en doorheen de tijd.', Antwerpen, dec. 2020.
- [12] Vlaamse Interuniversitaire Raad, 'ijkingstoets.be', www.ijkingstoets.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.ijkingstoets.be/verplicht>
- [13] Katholieke Universiteit Leuven, 'Niet-geslaagde ijkingstoets burgerlijk ingenieur (-architect) (augustus)', www.kuleuven.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: https://eng.kuleuven.be/studeren/toekomstige-studenten/ijkingstoets/feedback/niet_geslaagde-ijkingstoets-burgerlijk-ingenieur
- [14] Universiteit Gent, 'Starttoets: wat na?', www.ugent.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.ugent.be/nl/opleidingen/bacheloropleidingen/studiekeuze/ijkingstoets-starttoets-toelatingsexamen/starttoetswatna.htm>
- [15] Katholieke Universiteit Leuven, 'Zomercursus Wiskunde Leuven', www.kuleuven.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://set.kuleuven.be/zomercursussen/wiskunde/leuven-heverlee>
- [16] Katholieke Universiteit Leuven, 'Wat na de ijkingstoets?', www.kuleuven.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://iiw.kuleuven.be/studeren/toekomstigestudenten/starttoets/wat-na-de-ijkingstoets>
- [17] Vrije Universiteit Brussel, 'Vorbereidingscursus wiskunde exacte wetenschappen 2024', www.vub.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.vub.be/nl/studeren-aan-de-vub/alle-opleidingen/cursussen/voorbereidingscursus-wiskunde-voor-exacte-wetenschappen-2024>
- [18] J. Taffin, K. Barbé, R. Van den Bossche, T. Pauwels, en T. Van Doninck, 'Wiskunde'. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://caliweb.vub.be/?page=course-offer&id=001925&anchor=1&target=pr&year=2324&language=nl&output=html>
- [19] Universiteit Hasselt, 'Septembercursussen', www.uhasselt.be. Geraadpleegd: 1 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.uhasselt.be/nl/info-voor/toekomstige-studenten/septembercursussen>

- [20] Universiteit Gent, 'Ufora', www.ufora.ugent.be. Geraadpleegd: 2 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://ufora.ugent.be/>
- [21] Universiteit Gent, 'Remediëring na de starttoets', www.ugent.be. Geraadpleegd: 2 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.ugent.be/bw/nl/voor-toekomstige-studenten/voorbereiden-op-studie/remediering.htm#:~:text=Het%20remedi%C3%A4Bringstraject%20behandelt%20de%20wiskunde,6%20uur%20wiskunde%20per%20week>.
- [22] Universiteit Gent, 'Online remediëringstraject: burgerlijk ingenieur(-architect)', www.ugent.be. Geraadpleegd: 2 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.ugent.be/ea/nl/voor-toekomstige-studenten/voorbereiden/ijkingstoets/remedieringstraject-burgerlijk-ingenieur-architect>
- [23] Universiteit Gent, 'Starttoets (verplichte ijkingstoets) Biomedische wetenschappen', www.ugent.be. Geraadpleegd: 2 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.ugent.be/ge/nl/onderwijs/bachelor/biomedische-wetenschappen/ijkingstoets-bmw.htm#:~:text=Ook%20wie%20deelnam%20aan%20een,.be%2Fstarttoets%2Fwatna>.
- [24] S. De Saeger en P. De Smet, 'Studiefiche Remediëring wiskunde (J000573)', studiekiezer.ugent.be. Geraadpleegd: 2 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://studiekiezer.ugent.be/2023/studiefiche/nl/J000573>
- [25] K. T. Yuwono en H. D. Sujono, 'The Effectiveness of E-Learning: A Meta-Analysis', *J Phys Conf Ser*, vol. 1140, p. 012024, dec. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1140/1/012024.
- [26] P. C. Abrami e.a., 'A Review of e-Learning in Canada: A Rough Sketch of the Evidence, Gaps and Promising Directions', *Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, vol. 32, nr. 3, mrt. 2008, doi: 10.21432/T2QS3K.
- [27] R. M. Roberts, 'Best instructional practices for distance education: A meta-analysis analysis', University of Nevada, Las Vegas, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.34917/2820671>.
- [28] D. A. Cook, A. J. Levinson, S. Garside, D. M. Dupras, P. J. Erwin, en V. M. Montori, 'Internet-Based Learning in the Health Professions', *JAMA*, vol. 300, nr. 10, p. 1181, sep. 2008, doi: 10.1001/jama.300.10.1181.
- [29] A. Akın, 'The effectiveness of web-based Mathematics instruction (WBMI) on K-16 students' mathematics learning: a meta-analytic research', *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 27, nr. 6, pp. 8015–8040, jul. 2022, doi: 10.1007/s10639-022-10931-x.
- [30] A. Rae en P. Samuels, 'Web-based Personalised System of Instruction: An effective approach for diverse cohorts with virtual learning environments?', *Comput Educ*, vol. 57, nr. 4, pp. 2423–2431, dec. 2011, doi: 10.1016/j.compedu.2011.06.003.
- [31] T. Sitzmann, K. Kraiger, D. Stewart, en R. Wisher, 'The comparative effectiveness of Web-based and classroom instruction: A meta-analysis', *Pers Psychol*, vol. 59, nr. 3, pp. 623–664, sep. 2006, doi: 10.1111/j.1744-6570.2006.00049.x.
- [32] M. Allen, E. Mabry, M. Mattrey, J. Bourhis, S. Titsworth, en N. Burrell, 'Evaluating the Effectiveness of Distance Learning: A Comparison Using Meta-Analysis', *Journal of Communication*, vol. 54, nr. 3, pp. 402–420, sep. 2004, doi: 10.1111/j.1460-2466.2004.tb02636.x.
- [33] M. Allen, J. Bourhis, N. Burrell, en E. Mabry, 'Comparing Student Satisfaction With Distance Education to Traditional Classrooms in Higher Education: A Meta-Analysis', *American Journal of Distance Education*, vol. 16, nr. 2, pp. 83–97, jun. 2002, doi: 10.1207/S15389286AJDE1602_3.
- [34] B. Wisniewski, K. Zierer, en J. Hattie, 'The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research', *Front Psychol*, vol. 10, jan. 2020, doi: 10.3389/fpsyg.2019.03087.
- [35] R. S. Lysakowski en H. J. Walberg, 'Instructional Effects of Cues, Participation, and Corrective Feedback: A Quantitative Synthesis', *Am Educ Res J*, vol. 19, nr. 4, p. 559, 1982, doi: 10.2307/1162544.
- [36] J. Hattie en H. Timperley, 'The Power of Feedback', *Rev Educ Res*, vol. 77, nr. 1, pp. 81–112, mrt. 2007, doi: 10.3102/003465430298487.
- [37] F. M. Van der Kleij, R. C. W. Feskens, en T. J. H. M. Eggen, 'Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes', *Rev Educ Res*, vol. 85, nr. 4, pp. 475–511, dec. 2015, doi: 10.3102/0034654314564881.
- [38] R. P. Phelps, 'The Effect of Testing on Student Achievement, 1910–2010', *Int J Test*, vol. 12, nr. 1, pp. 21–43, jan. 2012, doi: 10.1080/15305058.2011.602920.

- [39] C. Yang, L. Luo, M. A. Vadillo, R. Yu, en D. R. Shanks, 'Testing (quizzing) boosts classroom learning: A systematic and meta-analytic review.', *Psychol Bull*, vol. 147, nr. 4, pp. 399–435, apr. 2021, doi: 10.1037/bul0000309.
- [40] Y. Akbulut, 'Impact of different practice testing methods on learning outcomes', *Eur J Educ*, feb. 2024, doi: 10.1111/ejed.12626.
- [41] J. Biggs, 'Enhancing teaching through constructive alignment', *High Educ (Dordr)*, vol. 32, nr. 3, pp. 347–364, okt. 1996, doi: 10.1007/BF00138871.
- [42] M. Noetel e.a., 'Video Improves Learning in Higher Education: A Systematic Review', *Rev Educ Res*, vol. 91, nr. 2, pp. 204–236, apr. 2021, doi: 10.3102/0034654321990713.
- [43] C.-L. C. Kulik, J. A. Kulik, en R. L. Bangert-Drowns, 'Effectiveness of Mastery Learning Programs: A Meta-Analysis', 1990. doi: <https://doi.org/10.3102/00346543060002>.
- [44] C. Vlădescu, 'A meta-analysis on determining the general effectiveness of teaching mathematics using mastery learning strategies', *Educational Alternatives*, vol. 18, pp. 1314–7277, 2020.
- [45] G. Siemens en M. Stankovic, 'Call for papers: 1st international conference learning analytics and knowledge', WikiCFP. Geraadpleegd: 8 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=11606>
- [46] C. Romero en S. Ventura, 'Educational data mining and learning analytics: An updated survey', *WIRES Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 10, nr. 3, mei 2020, doi: 10.1002/widm.1355.
- [47] M. Klose, D. Steger, J. Fick, en C. Artelt, 'Decrypting Log Data: A Meta-Analysis on General Online Activity and Learning Outcome Within Digital Learning Environments', *Z Psychol*, vol. 230, nr. 1, pp. 3–15, jan. 2022, doi: 10.1027/2151-2604/a000484.
- [48] O. Viberg, M. Hatakka, O. Bälter, en A. Mavroudi, 'The current landscape of learning analytics in higher education', *Comput Human Behav*, vol. 89, pp. 98–110, dec. 2018, doi: 10.1016/j.chb.2018.07.027.
- [49] S. Dawson, J. Jovanovic, D. Gašević, en A. Pardo, 'From prediction to impact', in *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*, New York, NY, USA: ACM, mrt. 2017, pp. 474–478. doi: 10.1145/3027385.3027405.
- [50] Universiteit Gent, 'Learning Analytics: wat leer je eruit als lesgever?', www.onderwijstips.ugent.be. Geraadpleegd: 8 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://onderwijstips.ugent.be/nl/tips/learning-analytics-wat-leer-je-eruit-als-lesgever/>
- [51] B. Tabuenca, M. Kalz, H. Drachler, en M. Specht, 'Time will tell: The role of mobile learning analytics in self-regulated learning', *Comput Educ*, vol. 89, pp. 53–74, nov. 2015, doi: 10.1016/j.compedu.2015.08.004.
- [52] D. A. Cook, A. J. Levinson, en S. Garside, 'Time and learning efficiency in Internet-based learning: a systematic review and meta-analysis', *Advances in Health Sciences Education*, vol. 15, nr. 5, pp. 755–770, dec. 2010, doi: 10.1007/s10459-010-9231-x.
- [53] J. G. Gyllen, T. F. Stahovich, R. E. Mayer, A. Darvishzadeh, en N. Entezari, 'Accuracy in judgments of study time predicts academic success in an engineering course', *Metacogn Learn*, vol. 14, nr. 2, pp. 215–228, aug. 2019, doi: 10.1007/s11409-019-09207-6.
- [54] J. Dunlosky, K. A. Rawson, E. J. Marsh, M. J. Nathan, en D. T. Willingham, 'Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques', *Psychological Science in the Public Interest*, vol. 14, nr. 1, pp. 4–58, jan. 2013, doi: 10.1177/1529100612453266.
- [55] R. A. Bjork, J. Dunlosky, en N. Kornell, 'Self-Regulated Learning: Beliefs, Techniques, and Illusions', *Annu Rev Psychol*, vol. 64, nr. 1, pp. 417–444, jan. 2013, doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143823.
- [56] H. L. Roediger en J. D. Karpicke, 'Test-Enhanced Learning', *Psychol Sci*, vol. 17, nr. 3, pp. 249–255, mrt. 2006, doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x.
- [57] UGent, 'Toestemming in onderzoek – ethiek & privacy (AVG/GDPR)', onderzoektips.ugent.be/. Geraadpleegd: 31 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: onderzoektips.ugent.be/
- [58] S. S. SHAPIRO en M. B. WILK, 'An analysis of variance test for normality (complete samples)', *Biometrika*, vol. 52, nr. 3–4, pp. 591–611, dec. 1965, doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591.
- [59] W. H. Kruskal en W. A. Wallis, 'Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis', *J Am Stat Assoc*, vol. 47, nr. 260, pp. 583–621, 1952, doi: 10.2307/2280779.
- [60] O. J. Dunn, 'Multiple Comparisons Among Means', *J Am Stat Assoc*, vol. 56, nr. 293, p. 52, mrt. 1961, doi: 10.2307/2282330.

- [61] C. Spearman, 'The Proof and Measurement of Association between Two Things', *Am J Psychol*, vol. 15, nr. 1, p. 72, jan. 1904, doi: 10.2307/1412159.
- [62] A. J. Bishara en J. B. Hittner, 'Reducing Bias and Error in the Correlation Coefficient Due to Nonnormality', *Educ Psychol Meas*, vol. 75, nr. 5, pp. 785–804, okt. 2015, doi: 10.1177/0013164414557639.
- [63] S. Kim, 'ppcor: An R Package for a Fast Calculation to Semi-partial Correlation Coefficients', *Commun Stat Appl Methods*, vol. 22, nr. 6, pp. 665–674, nov. 2015, doi: 10.5351/CSAM.2015.22.6.665.
- [64] J. L. Hintze en R. D. Nelson, 'Violin Plots: A Box Plot-Density Trace Synergism', *Am Stat*, vol. 52, nr. 2, pp. 181–184, mei 1998, doi: 10.1080/00031305.1998.10480559.
- [65] F. Harrell, 'Categorizing Continuous Variables', discourse.datamethods.org. Geraadpleegd: 30 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://discourse.datamethods.org/t/categorizing-continuous-variables/3402>
- [66] Universiteit Gent, 'Studiekiezer', www.ugent.be. Geraadpleegd: 3 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://studiekiezer.ugent.be/nl/zoek?>
- [67] H. L. Roediger en J. D. Karpicke, 'Test-Enhanced Learning', *Psychol Sci*, vol. 17, nr. 3, pp. 249–255, mrt. 2006, doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x.
- [68] C. Yang, L. Luo, M. A. Vadillo, R. Yu, en D. R. Shanks, 'Testing (quizzing) boosts classroom learning: A systematic and meta-analytic review.', *Psychol Bull*, vol. 147, nr. 4, pp. 399–435, apr. 2021, doi: 10.1037/bul0000309.
- [69] Corwin Visible Learning Plus, 'Feedback', www.visiblelearningmetax.com. Geraadpleegd: 3 mei 2024. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.visiblelearningmetax.com/influences/view/feedback>
- [70] L. David, F. Biwer, R. Crutzen, en A. de Bruin, 'The challenge of change: understanding the role of habits in university students' self-regulated learning', *High Educ (Dordr)*, apr. 2024, doi: 10.1007/s10734-024-01199-w.
- [71] E. L. Busch, 'Cut points and contexts', *Cancer*, vol. 127, nr. 23, pp. 4348–4355, dec. 2021, doi: 10.1002/cncr.33838.