



VRIJE  
UNIVERSITEIT  
BRUSSEL

Anouk Declerck - 0602842

Multidisciplinair Instituut voor Lerarenopleiding

# Het verwerken van grafische informatie algebra en functieleer door leerlingen met een visuele beperking tijdens wiskunde-instructie.

Proeve ingediend voor het behalen van de graad van  
Educatieve Master (wetenschappen en technologie)

8 209 woorden

Promotor: Dr. Jetske Strijbos  
Copromotor: Prof. Dr. Bart Windels

Academiejaar: 2023-2024

*Ik verklaar plechtig dat ik de masterproef, "Het verwerken van grafische informatie algebra en functieleer door leerlingen met een visuele beperking tijdens wiskunde-instructie.", zelf heb geschreven.*

*Ik ben op de hoogte van de regels i.v.m. plagiaat en heb erop toegezien om deze toe te passen in deze masterproef.*

*Datum*

03/06/24

*Naam + handtekening*

*Amouk Declercq*

*Amouk*

## Inhoud

Dankwoord .....	5
Abstract .....	6
Inleiding .....	7
Literatuurstudie .....	8
Leerlingen met een visuele beperking .....	8
Moeilijkheden met ontwikkeling van wiskundige concepten .....	8
Ondersteuning .....	9
Soorten hulpmiddelen.....	10
Tactiele figuren .....	11
Informatie vatbaar weergeven .....	12
Autonomie .....	13
Valkuil: Stigma .....	14
Relevantie.....	15
Methode.....	16
Onderzoeksdesign .....	16
Sample.....	16
Dataverzameling.....	17
Data-analyse .....	18
Ethiek .....	19
Resultaten .....	20
Ondersteuning .....	20
Leesbaarheid van de figuren.....	21
Begrip van de leerstof met figuren .....	23
Minder cognitieve belasting .....	23
Concept vorming .....	23
Kanttekening .....	25
Gevoel van autonomie.....	25
Stigma.....	27
Discussie.....	28
Implicaties voor de onderwijspraktijk .....	30
Reflectie .....	31
Conclusie.....	32
Referenties.....	33

Bijlage A Topic Guide: .....	35
Bijlage B.....	36

## Dankwoord

Ik wil graag iedereen bedanken die me heeft gesteund en geholpen tijdens het onderzoek. Het was een drukke en leerrijke periode die mijn nieuwe inzichten heeft bijgebracht. Mijn promotor Dr. Jetske Strijbos en co-promotor Prof. Dr. Bart Windels hebben enthousiast ondersteuning geboden. Dit onderzoek was niet mogelijk zonder de respondenten die vrijwillig hebben deelgenomen aan de interviews. Ook een bedanking voor de ondersteuner Marianne Leonet die me heeft geholpen in contact te komen met leerlingen en mijn collega wiskunde Ilse die heeft geholpen met het afnemen van een interview. Ten slotte wil ik ook mijn vrienden Arne en Jesse bedanken. Naast ontspanning kon ik ook op hen rekenen om mijn tekst grondig na te lezen.

## Abstract

Tijdens de wiskunde-instructie algebra en functieleer wordt er veel grafische informatie overgebracht. Dit maakt dat de standaardinstructie niet toegankelijk is voor leerlingen met een visuele beperking. Uit onderzoek blijkt dat het gebruiken van hulpmiddelen volgens leerkrachten en ondersteuners veelbelovend is om de leerprestaties van leerlingen met een visuele beperking te verbeteren. De ervaring van de leerlingen zelf werd echter nog niet voldoende in kaart gebracht. Er wordt onderzocht hoe leerlingen met een visuele beperking het gebruik van tactiele figuren ervaren tijdens de wiskundelessen algebra en functieleer. Hierbij ligt de focus op het duidelijk weergeven van informatie, het verwerken van de leerstof, het gevoel van autonomie en eventuele negatieve ervaringen.

Het perspectief van leerlingen met een visuele beperking is onderzocht aan de hand van semigestructureerde interviews met interviewgide. Die data zijn daarna verwerkt met een thematische analyse.

De leerlingen gaven aan hoe de figuren hen helpen om wiskundige concepten te begrijpen. Ook werden moeilijkheden die ze hierbij ondervinden besproken. Soms zijn figuren niet duidelijk genoeg en worden deze fout geïnterpreteerd. Overal zijn de leerlingen tevreden van hun ondersteuning en staan ze positief ten opzichte van het gebruik van hun hulpmiddelen. Ze geven aan dat een goede uitleg wel essentieel blijft om de figuren initieel te begrijpen en daarna pas zelfstandig aan de slag te kunnen gaan.

Er kan geconcludeerd worden dat het doordacht inzetten van aangepaste tactiele of vergrote figuren tijdens wiskundelessen een meerwaarde is. De figuren verrijken de leeromgeving en bieden de kans aan leerlingen met een visuele beperking om een mentaal beeld te vormen van wiskundige concepten. Ook kunnen ze de belasting van het werkgeheugen verlagen, wanneer ze lange tekstuele beschrijvingen vervangen.

## Inleiding

Inclusief onderwijs is een veel besproken thema. Op beleidsniveau wordt er gestreefd naar een meer inclusief onderwijs in België. Het decreet leersteun ambieert een maximale ontwikkeling en versterkte leerwinst voor leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften. Hierin wordt als doel gesteld om een inclusieve klaspraktijk en schoolcultuur te ontwikkelen (Digitaal Vlaanderen, n.d.). Bij het streven naar kwalitatief onderwijs voor alle leerlingen is er aandacht nodig voor leerlingen met een visuele beperking. De standaard aangeboden lesmaterialen van de uitgeverijen zijn niet toegankelijk voor deze groep leerlingen. Om gelijke onderwijskansen te bieden aan deze groep leerlingen, is er nood aan juiste ondersteuning en toegankelijk lesmateriaal.

Het decreet leersteun stelt voorop om indien nodig redelijke aanpassingen te maken en ondersteuning te bieden (Deboes, 2023). Welke aanpassingen zijn nodig en redelijk om wiskundige kennis over te dragen aan blinde en slechtziende leerlingen? Door ondersteuners en leerkrachten in het regulier en buitengewoon onderwijs wordt ondersteuning geboden en wordt gewerkt met verschillende hulpmiddelen.

Het voorzien van deze materialen vereist van leerkrachten kennis van zaken en voorbereidingswerk. Uit onderzoek (e.g., Nashleanas, 2021); (Rule et al., 2011) blijkt dat leraren hier positief tegenover staan en vooral voordelen zien van tactiele figuren of aangepaste materialen om de leerprestaties van leerlingen met een visuele beperking te verbeteren. De ervaringen van de leerlingen zelf zijn hiermee nog niet in kaart gebracht, al wordt in het algemeen onderzoek over het ondersteuningsbeleid in Vlaanderen gewaarschuwd voor een bezorgdheid bij leerlingen om gestigmatiseerd te worden wanneer ze hulpmiddelen gebruiken (Van Hove et al., 2019).

In deze masterproef gaan we daarom in op de ervaringen van leerlingen met een visuele beperking met het gebruik van tactiele figuren tijdens de wiskundelessen. De ervaringen van leerlingen met het gebruik van verschillende types tactiele figuren wordt onderzocht.

## Literatuurstudie

### Leerlingen met een visuele beperking

In het onderwijssysteem van de Vlaamse Gemeenschap worden leerlingen met een visuele beperking ingedeeld onder de noemer “type 6 leerlingen” (Vlaams ministerie van onderwijs en vorming, n.d.). Deze groep is heterogeen en bestaat uit leerlingen met verschillende beperkingen. Zo zijn er leerlingen die volledig blind zijn geboren, door een aandoening op latere leeftijd blind worden of die nog een deel restvisus behouden. De restvisus kan verschillen qua scherpste en gezichtsveld.

In de literatuur wordt er vaak een onderscheid gemaakt tussen blinde en slechtziende leerlingen. Leerlingen met een gezichtsscherpte van minder dan 3/10 voor hun beste oog worden als slechtziend beschouwd. Vanaf een gezichtsscherpte van minder dan 1/20 of een gezichtsveld dat kleiner is dan 10° is een leerling blind (Vlaams Agentschap voor personen met een handicap, n.d.). Slechtziende leerlingen kunnen met de hulp van een corrigerende bril of lenzen geen tekst lezen in standaardgroottes. Blinde leerlingen kunnen helemaal geen beroep doen op het zicht en zijn volledig afhankelijk van andere zintuigen (Rule et al., 2011).

De term brailleurleerlingen wordt gebruikt voor leerlingen die gebruik maken van het brailleschrift.

### Moeilijkheden met ontwikkeling van wiskundige concepten

Doordat de leerlingenpopulatie met een visuele beperking heterogeen is, zijn er ook verschillende factoren die het individuele leerproces van de leerlingen zullen beïnvloeden. Zo hebben leerlingen die volledig blind zijn geboren vaak meer problemen met het ontwikkelen van bepaalde wiskundige concepten, zoals een grafiek, dan leerlingen met restvisus of een visueel geheugen waarop zij beroep kunnen doen (SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, 2012).

Het SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (2012) uit Nederland bracht factoren in kaart die invloed hebben op wiskundeontwikkeling van leerlingen met een visuele beperking. Deze lijst omvatte het al dan niet nog hebben van restvisus, de leeftijd waarop een leerling blind werd, de intelligentie en emotionele stabiliteit van de leerling en ten slotte de leef- en leeromgeving.

Er werd opgemerkt dat enkel op de laatste factor een invloed kan worden uitgeoefend. Ondersteuning op school met gepaste hulpmiddelen kan het leerproces bevorderen en verwachte problemen voorkomen. Nashleanas (2021) vond dat leerlingen met een visuele beperking opdrachten even goed als hun leeftijdsgenoten kunnen volbrengen als ze voldoende instructies en assisterende hulpmiddelen hebben. In voorgaand onderzoek van Rule et al. (2011) gaven 10 van de 12 leerkrachten aan dat met de juiste ondersteuning leerlingen met een visuele beperking dezelfde leerstof kunnen verwerken als hun ziende medestudenten. Een kanttekening hierbij is dat er wel in rekening moet worden gebracht dat de leerlingen meer tijd zullen nodig hebben om dezelfde oefeningen of theorie door te nemen dan leerlingen zonder visuele beperking. Het lezen en interpreteren van een figuur in reliëf en brailleschrift kost meer tijd en energie. (SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, 2012).

Toch is er uit voorgaand internationaal onderzoek gebleken dat het voor leerlingen met een visuele beperking moeilijk is om het wiskundig curriculum te volgen (Vandana, 2022). Tijdens de wiskunde-instructie wordt traditioneel veel informatie visueel overgebracht (Rule et al., 2011). Er wordt gebruik gemaakt van grafieken, diagrammen en tekeningen om complexe informatie op een compacte manier over te brengen. Hierdoor is het lesmateriaal niet toegankelijk voor leerlingen met een visuele beperking. Dit maakt het ontwikkelen van wiskundige concepten moeilijk voor leerlingen met een visuele beperking. Het aanpassen van de lessen en materialen aan de noden van de leerlingen is uitdagend voor leerkrachten en ondersteuners doordat er maar beperkte hoeveelheid advies beschikbaar is over de bestaande hulpmiddelen of methodes om les te geven aan leerlingen met een visuele beperking (Klingenberg et al., 2019).

## Ondersteuning

In de vorige paragraaf is beschreven dat leerlingen met een visuele beperking gelijklopende leerresultaten als hun leeftijdsgenoten kunnen behalen mits een gepaste ondersteuning. Gepaste hulpmiddelen kunnen verwachte leerproblemen bij wiskunde voorkomen (SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, 2012). Leerkrachten ervaren dat aanpassingen aan de lesmaterialen ervoor zorgen dat leerlingen met een visuele beperking meer kunnen participeren tijdens de lessen (Rule et al., 2011). Gepaste ondersteuning kan buiten hulpmiddelen ook andere factoren omvatten zoals een doordachte klasinteractie. Klingenberg et al. (2019) geeft aan dat er wordt vermoed dat praktische opdrachten en inclusie door middel van samenwerkend leren een positief effect kunnen hebben op deze

zelfzekerheid en motivatie van leerlingen met een visuele beperking. Er is gebrek aan onderzoek naar het effect van inclusie voor leerlingen met een visuele beperking op hun wiskundeprestaties om dit met zekerheid te stellen.

### Soorten hulpmiddelen

Tactiele en auditieve hulpmiddelen kunnen visuele input vervangen. Voor leerlingen met restvisus kan er ook visueel ondersteund worden door te werken met extra vergrotingen en meer contrast. De meeste leerlingen met een visuele beperking werken digitaal. Hun leesregel, spraak en of vergrotingssoftware zorgen ervoor dat ze hun cursus kunnen lezen. Maar voor het interpreteren van figuren is er, tenzij er nog voldoende restvisus is, nood aan bijkomstige tactiele hulpmiddelen. Sahin & Yorek (2009) concludeerde uit hun studie dat grafieken een grotere educatieve waarde hebben voor leerlingen met een visuele beperkingen als ze waargenomen worden met de tastzin. Er wordt aanvullend verklaard dat auditieve input de informatie ook aan studenten kan overdragen, maar er niet vanuit mag worden gegaan dat dit dan op dezelfde manier in de diepte wordt begrepen. Tabel 1 toont een overzicht van gangbare hulpmiddelen met een korte beschrijving. Dit gaat over zowel software en als hardware producten.

#### Tabel 1

##### *Overzicht van Gangbare Hulpmiddelen*

<b>Tactiele hulpmiddelen</b>	Beschrijving
Zwelfiguren	Op papier wordt een tekening in reliëf gecreëerd. Het is mogelijk om tekst in braille op de tekening te plaatsen. De figuren zijn statisch en kunnen niet tijdens de les worden aangepast (eduVIP, 2019).
Tekenfolie, in combinatie met rubberen mat of TactiPad en geometrische tools	Op een folie kan de leerling of leerkracht met een pen tekenen de lijnen blijven in reliëf staan. Er kunnen verschillende tools zoals een lat of gradenboog worden gebruikt. Een coördinaat kan met een pin worden aangeduid op de folie. Tekst toevoegen in braille gaat niet (eduVIP, 2019).
Cubaritme	Dit is een rooster waarin braille cijfers worden gelegd (Vandana, 2022). Hiermee cijferen leerlingen.

Taylor Frame	Dit is een rooster waarin pinnen kunnen worden gezet. Dit kan worden gebruikt om geometrische figuren uit te zetten (Vandana, 2022).
Braille printer/ braille machine	Deze machine print tekst uit in braille dit is handig om een formularium te maken of labels om toe te voegen aan figuren of objecten.
Brailleleesregel	Digitale tekst wordt door software vertaald naar braille met pinnetjes op een toestel. De tekst verandert dynamisch als de leerling navigeert door een document (eduVIP, 2019).
Dot Pad	Dit product werkt volgens hetzelfde principe als een leesregel, figuren worden dynamische getoond met pinnetjes in een vierkant.
Vlaamse wiskunde code	Wiskundige symbolen krijgen een code van bestaande tekens in braille. Er worden ook afspraken gemaakt over hoe formules en opgaves lineair kunnen worden geschreven in braille (Vlaamse Onderwijsraad, 2013).
<b>Auditieve hulpmiddelen</b>	Beschrijving
Spraaksoftware	Digitale tekst wordt voorgelezen voor de leerlingen. Dit wordt vaak in combinatie met een leesregel gebuikt.
<b>Visuele hulpmiddelen</b>	Beschrijving
Leesloop	Een leesloep vergroot papieren die er onder worden gelegd. Dit maakt het lezen van boeken mogelijk voor slechtziende.
Vergrotingssoftware	Dit is software die extra vergroting van programma's op de computer toelaat. Dit wordt vaak gebruikt in combinatie met spraaksoftware.

## Tactiele figuren

In het onderzoek van deze masterproef wordt verder ingezoomd op tactiele figuren. Tactiele figuren zijn een weergave van een afbeelding in reliëf zodat de leerling de figuur met de tastzin kan verkennen. Op wiskundige figuren kan er numerieke en tekstuele informatie worden aangegeven. Afhankelijk van het type figuur kan deze informatie ook worden toegevoegd. Tactiele figuren kunnen gecreëerd worden met zwelpapier, tekenfolie of op een

dynamische toestel zoals de Dot Pad. De voor- en nadelen van zwelfiguren worden besproken door eduVIP (2019), de kenmerken van hulpmiddelen die dynamische figuren generen zijn geanalyseerd door Mukhiddinov & Kim (2021). Deze bevindingen zijn gestructureerd en samengevat weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2**

*Soorten Tactiele Figuren en Hun Kenmerken*

<b>Kenmerk</b>	<b>Zwelpapier</b>	<b>Tekenfolie</b>	<b>Dot pad</b>
Numerieke en tekstuele informatie kunnen worden weergegeven	Ja	Nee	Ja
Manipuleerbaar door leerling	Nee	Ja	Nee
Dynamisch	Nee	Extra lijnen kunnen worden toegevoegd	Ja
Kostprijs	Laag	Laag	Hoog

Het gebruik van een Dot Pad is een relatief nieuwe technologie en nog niet ingeburgerd in Vlaanderen. Er wordt onderzoek gedaan naar het creëren van dynamische tactiele figuren. Dit biedt voordelen omdat een toestel dan meerdere figuren kan tonen met een veranderlijke display. Het laat de gebruiker ook toe om autonoom afbeeldingen op het internet op te zoeken. Literatuurreview (Mukhiddinov & Kim, 2021) geeft aan dat het machine-learning algoritme om beelden te interpreteren tot een 2D-figuur nog niet op punt staat. Een tweede opmerking is dat de prijs van deze technologie nog hoog ligt, maar er wel steeds meer onderzoek wordt gedaan naar goedkopere technologieën. Zo kan dit in de toekomst ook een breed inzetbaar hulpmiddel worden. Het inzetten van tactiele figuren in het wiskundeonderwijs is onderhevig aan de uitdaging om informatie op een efficiënte manier vatbaar over te dragen.

#### **Informatie vatbaar weergeven**

Tactiele figuren lezen is niet eenvoudig, er moet voldoende aandacht worden besteed aan de “leesbaarheid” van de figuur en de begeleiding van de leerlingen tijdens dit proces (eduVIP, 2019). De tast heeft een successief karakter, waardoor de leerling niet in een keer alle onderdelen van een figuur tegelijk kan waarnemen (SLO nationaal expertisecentrum

leerplanontwikkeling, 2012). Er is begeleiding nodig bij het interpreteren van een figuur op de tast. Literatuur geeft aan dat enkel een tactiele voorstelling van een figuur onvoldoende is om deze te kunnen interpreteren, leerlingen hebben ook nood aan bijkomstige auditieve ondersteuning (Maćkowski et al., 2020). Het is belangrijk is om de informatie over de figuur mondeling te communiceren terwijl de student systematisch de grafiek met zijn hand verkent (Nashleanas, 2021). Alle onderdelen van een figuur worden apart waargenomen waardoor het tijd kost om informatie te verzamelen en het moeilijk is om een totaalbeeld te vormen (SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, 2012).

Het is aangeraden om volgens een vaste methode de leerlingen aan te leren hoe ze een grafiek kunnen lezen. Nashleanas (2021) formuleert twee aanbevelingen. Laat leerlingen bij het interpreteren van een grafische weergaven eerst de titel lezen, daarna de assen verkennen en hun labels, en ten slotte de functie. Voor het aflezen van een punt werkt een leerling best met twee handen waarbij één hand de x-waarde bijhoudt en de andere hand op zoek gaat naar de bijhorende functiewaarde ter hoogte van de y-as.

## Autonomie

Vanuit de motivatietheorieën weten we dat autonomie de motivatie van leerlingen versterkt (Sierens & Vansteenkiste, 2009). Namelijk wanneer leerlingen autonoom kunnen werken, bevordert dat hun gevoel van zelfzekerheid en competentie, wat inwerkt op hun motivatie. Dit blijkt ook zo voor leerlingen met een visuele beperking. Het onderzoek van Rule en Sahn & Yorik. Rule et al. (2011) geeft aan dat leerlingen met een visuele beperking vaak een lage zelfzekerheid hebben in hun wetenschappelijke competenties. Dat komt omdat hun ervaringen zeer gestuurd zijn en er weinig ruimte is voor keuzes. Het bieden van keuzemogelijkheden is motiverend voor leerlingen. Het voorzien van aangepaste meetinstrumenten ondersteunt de zelfstandigheid en zelfzekerheid van de leerlingen (Sahin & Yorek, 2009).

Het gebruik van hulpmiddelen kan een invloed hebben op de autonomie van leerlingen. Het is gangbaar dat de leerkracht extra uitleg geeft terwijl de leerling een tactiele figuur verkent. Verschillende ingrepen kunnen ervoor zorgen dat de leerling ook zelfstandig aan de slag kan met het materiaal. Er is onderzoek naar het gebruik van een touchpad onder de tactiele figuur om audio input te geven (Maćkowski et al., 2020). Ook het leren van een vaste methode om een figuur te lezen kan ervoor zorgen dat de leerling er daarna zelfstandig mee aan de slag kan. Als ook het aan brengen van extra structuur met duidelijke onderverdelingen en labels.

## Valkuil: Stigma

Het gebruik van hulpmiddelen kan ook een negatieve invloed hebben op het sociaal-emotionele welzijn van de leerlingen. In de literatuur wordt er beschreven dat sommige leerlingen bepaalde hulpmiddelen niet willen gebruiken. Vermoedelijk voelen zij zich gestigmatiseerd (Van Hove et al., 2019). Rule et al. (2011) vond dat een slechtziende leerling geen hulpmiddelen wilde gebruiken omdat de taak ook zonder lukte, ook al zou de les makkelijker te volgen zijn met vergroting.

Van Hove et al. (2019) heeft in Vlaanderen een onderzoek gevoerd naar leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften. Daaruit blijkt dat de leerlingen niet anders willen zijn. Het hebben van een beperking kan als een label ervaren worden. Bij het bepalen van maatregelen wordt aangeraden dat ondersteuners rekening houden met de leerlingen opdat zij zich niet geïsoleerd of gestigmatiseerd voelen door de aanpassingen. Er wordt voorgesteld dat bij het bepalen van “redelijke” aanpassingen wederzijds overleg met de leerling nodig is. Met een voorbeeld wordt geïllustreerd dat een ingreep die klein lijkt, bijvoorbeeld het dragen van een koptelefoon in de klas, door een leerling als viserend kan ervaren worden omdat niemand anders in de klas een koptelefoon draagt. Het onderzoek wijst uit dat leerlingen zelf ook een stem willen hebben in het bepalen van de hulpmiddelen. Er kwam naar boven dat een gevoel van agency en mede-eigenaarschap over hun ondersteuning belangrijks is voor jongeren.

Het gevoel van anders te zijn kan doorbroken worden met samenwerkingsopdrachten tussen leerlingen met een visuele beperking en ziende leerlingen. Deze opdrachten zijn een meerwaarde omdat leerlingen van elkaar kunnen leren. (SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, 2012). Er is ook gevonden dat studenten met een visuele beperking in het algemeen zo effectiever leren. Dit helpt om betrokken te zijn met de klas en bij het leggen sociale connecties (Rule et al., 2011).

Ten slotte is er ook een risico dat leerkrachten lage verwachtingen stellen aan leerlingen met een visuele beperking omdat ze een stereotiep beeld hebben over de mogelijkheden van de leerling (Sahin & Yorek, 2009).

## Relevantie

In de literatuur is de perceptie van leerkrachten en ondersteuners van leerlingen met een visuele beperking onderzocht. Zij geven aan dat het voorzien van aanpassingen de leerlingen helpt om te participeren in de lessen. Op het niveau van een middelbare school ontbreekt het aan voldoende literatuur over de perceptie van de leerlingen. Uit algemeen onderzoek over de ervaring van leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften blijkt dat hun stem waardevolle informatie kan bieden en extra inzicht geven in het ondersteuningsbeleid.

Het zou kunnen zijn dat de zinvolheid van hulpmiddelen anders wordt ervaren voor verschillende wiskunde thema's. Het onderzoek wordt beperkt tot algebra en functieleer omdat het een uitdagend onderdeel uit leerplan is. Hiervoor hebben brailleleerlingen mogelijks extra hulpmiddelen, tijd en instructies nodig om deze leerstof te verwerken (Klingenberg et al., 2019).

Deze masterproef gaat in op de onderzoeksvraag: hoe ervaren leerlingen met een visuele beperking het gebruik van tactiele figuren tijdens de wiskundelessen algebra en functieleer? Hierbij wordt er getoetst naar hun perceptie op volgende vragen: is het bevorderend voor het verwerken van de leerstof en geeft het de informatie vatbaar weer? Er wordt ook getoetst naar hun gevoel van autonomie en of ze de hulpmiddelen al dan niet negatief of stigmatiserend ervaren.

## Methode

### Onderzoeksdesign

Er wordt in deze studie gewerkt met kwalitatieve methodes. Dit omdat de ervaring van leerlingen met een visuele beperking bestudeerd wordt. De situatie van de leerlingen verschilt vermoedelijk sterk per casus. Ook is de omvang van deze doelgroep beperkt: het is moeilijk om veel respondenten te verzamelen. Kwalitatieve methoden zijn geschikt om een beperkt aantal casussen in de diepte te bestuderen.

### Sample

In dit onderzoek zijn zes leerlingen met een visuele beperking geïnterviewd. Drie leerlingen volgen les in het gewoon onderwijs. Drie leerlingen volgen les in het buitengewoon onderwijs. Alle leerlingen volgen wiskunde in de eerste of tweede graad van het secundair onderwijs. Hun leeftijden variëren van 13 tot 18 jaar. Tabel 3 toont demografische informatie en relevante informatie in verband met de afname van de interviews. De leerlingen zijn geanonimiseerd. Er wordt een pseudoniem gebruikt.

**Tabel 3**

#### *Informatie interviews*

Pseudoniem	Aard van beperking	M / V	Leeftijd	Onderwijsvorm	Graad	Type figuren	Afname interviewer
Mathias	Braille-leerling	M	15	Gewoon onderwijs	1 <sup>ste</sup>	Zwelfiguur	Onderzoeker
Bilal	Braille-leerling zeer beperkte restvisus	M	13	Gewoon onderwijs	1 <sup>ste</sup>	Zwelfiguur en tekenfolie	Onderzoeker
Antoine	Beperkte Rest visus	M	14	Gewoon onderwijs	1 <sup>ste</sup>	Vergrote figuur	Onderzoeker
Heleen	Gebruik restvisus en braille	V	18	Buitengewoon onderwijs	2 <sup>de</sup>	Zwelfiguur	Onderzoeker
Noor	Braille-leerling zeer beperkte restvisus	V	16	Buitengewoon onderwijs	2 <sup>de</sup>	Zwelfiguur	Onderzoeker
Ediz	Braille-leerling volledig blind sinds geboorte	M	17	Buitengewoon onderwijs	2 <sup>de</sup>	Zwelfiguur	Andere leerkracht

Om grafische informatie te verwerken werkten vijf leerlingen met tactiele figuren. Dit waren zwelffiguren, al dan niet in combinatie met tekenfolie. Het gebruik van de tekenfolie biedt de mogelijkheid dat de leerling zelf kan tekenen. Vier leerlingen interpreteren de zwelffiguur door hieraan te voelen. Eén leerling gebruikt hoofdzakelijk haar restvisus om de figuur te interpreteren en gaat enkel voelen wanneer het niet duidelijk is. Eén leerling werkte enkel met vergrotingen.

### Dataverzameling

Om inzicht in het perspectief van de leerling te krijgen worden interviews afgenomen. De interviews verlopen volgens een semigestructureerd design, aan de hand van een interviewgide (Zie bijlage A).

Een semigestructureerd interview houdt in dat er thema's en vragen zijn voorbereid die aan bod moeten komen, maar dat de interviewer ook ruimte heeft om bijkomende vragen te stellen. Het biedt meer flexibiliteit om in te spelen op onverwachte elementen tijdens het gesprek dan een gestandaardiseerde vragenlijst. De gide wordt op voorhand doordacht opgesteld. Op basis van een verkennende literatuurstudie worden relevante en actuele thema's gedetecteerd: atonomie, begrip, leesbaarheid en stigma. De onderwerpen geven richting aan de vragen tijdens het interview. Het is noodzakelijk om eerst onderwerpen te definiëren, voordat de interviewvragen geformuleerd worden (Heldens & Reyssoo, 2005).

Het doorvragen tijdens een interview kan niet op voorhand worden uitgeschreven. Wel kan de interviewer voldoende kennis hebben over het onderwerp na het maken van een voorbereiding en zo gepaste bijvragen stellen wanneer het antwoord van de geïnterviewde te beperkt is (Heldens & Reyssoo, 2005).

Om geschikte deelnemers in het gewoon onderwijs te vinden voor dit onderzoek zijn drie leersteuncentra gecontacteerd. Hiervan kon één leersteuncentrum verder helpen om contact te leggen met leerlingen met een visuele beperking die ondersteund worden voor wiskunde. Om deelnemers in het buitengewoon onderwijs te vinden zijn leerlingen aangesproken die les volgen in de school waar de onderzoeker zelf werkt. Drie leerlingen aan wie de onderzoeker zelf lesgeeft wilden deelnemen op vrijwillige basis. Een tweede school met een aanbod buitengewoon onderwijs voor leerlingen met een visuele beperking werd gecontacteerd maar reageerde niet.

De interviews hebben plaatsgevonden in persoon, de gesprekken zijn opgenomen (audio) en later getranscribeerd.

De onderzoeker heeft vijf van de zes interviews zelf afgenomen. Opdat leerlingen aan wie de onderzoeker zelf lesgeeft vrijuit zouden kunnen praten, over de ervaringen tijdens de wiskundeles, is zijn interview afgenomen door een andere wiskundeleerkracht (van wie de leerling geen les krijgt). Echter was het doorvragen bij dit interview zeer beperkt. Interviews met een guide worden vaak door de onderzoeker zelf afgenomen. Als dat niet het geval is dan moet de assisterende interviewer grondig op de hoogte zijn van het doel van het onderzoek alsook van elk individueel vraag (Heldens & Reyssoo, 2005). Het bleek moeilijk te zijn om het doel van het onderzoek in voldoende diepte over te brengen. Er is besloten om de twee andere leerlingen van de school door de onderzoeker zelf te interviewen omdat er meer informatie kon verzameld worden.

### Data-analyse

De getranscribeerde interviews zijn verwerkt in het MAXQDA-programma voor kwalitatieve data-analyse. Om de data te verwerken is er gekozen voor thematische analyse (TA). Een TA kan toegepast worden voor de verwerking van verschillende soorten data, waaronder interviewdata (Terry et al., 2017). De data worden in verschillende fasen geanalyseerd, op basis van het stappenplan van Terry et al. (2017). In een eerste fase van ‘familiarizing’ neemt de onderzoeker de data grondig door. In een volgende fase worden er codes aangebracht, waardoor de data betekenis krijgen. Voor deze fase wordt gebruik gemaakt van de structuur in de interviewguide, die al is verdeeld volgens de vier thema’s autonomie, begrip, leesbaarheid en stigma. Deze hoofdthema’s worden als code gecreëerd in MAXQDA. De andere, meer gedetailleerde codes zijn hieronder gebracht. Vervolgens wordt er gekeken naar samenhang tussen codes en potentiële sub-thema’s. Dit is een iteratief proces en moet soms herzien worden. Zo is er nog een extra hoofdthema ondersteuning bij gemaakt wanneer blijkt dat bepaalde antwoorden niet passen onder één van de vier vooraf bepaalde hoofdthema’s. In de laatste fase wordt voor elk thema een samenvattend rapport geschreven. De onderzoeker kan altijd terugkijken naar welke data onder een thema zitten.

## Ethiek

Tijdens het onderzoek was er aandacht voor ethiek. De leerlingen hebben op vrijwillige basis deelgenomen aan het onderzoek. Voorafgaande aan het interview werd een geïnformeerde toestemming doorgenomen met de leerling en een ouder (Zie bijlage B). De leerlingen hadden toestemming van de ouders of bevoegde voogd nodig alvorens ze konden deelnemen aan het onderzoek, tenzij de leerling meerderjarig was. Ook is de privacy van de leerlingen beschermd door de namen te anonimiseren.

## Resultaten

Tijdens de analyse is de data ondergebracht in vijf hoofdthema's die verband houden met de onderzoeksvraag. Vier thema's waren vooraf bepaald, één extra thema is bijgemaakt. Deze thema's zijn:

- Ondersteuning
- Leesbaarheid van de figuren
- Begrip van de leerstof met figuren
- Autonomie
- Stigma

Onder de hoofdthema's is informatie geclusterd in sub-thema's die tijdens de analyse naar boven kwamen. Deze worden meegenomen in de bespreking.

### Ondersteuning

Uit de interviews blijkt dat de leerlingen belang hechten aan ondersteuning en begrip van hun leerkracht voor hun leernoden. Zo apprecieert leerling Heleen dat: "*De leerkracht probeert heel veel rekening te houden met mijn beperkingen.*" (Heleen, 18 jaar). Er worden verschillende werkbare ondersteuningsmethoden aangehaald die de leerkracht kan toepassen door de leerlingen.

In eerste instantie geven vier leerlingen aan nood te hebben aan een aangepast lestempo. Zo zei Antoine uit het gewoon onderwijs: "*Soms word ik heel moe en dan zou ik willen kunnen vragen dat het lestempo trager gaat.*" (Antoine, 14 jaar). Ediz uit het buitengewoon onderwijs gaf een aangepast lestempo aan als een goede inschatting van de leerkracht: "*De leerkracht heeft ook heel veel geduld met mij. De les gaat niet te snel.*" (Ediz, 16 jaar). Naast een aangepast lestempo wordt ook voldoende herhaling aangehaald, Heleen somde tijd en herhaling op als belangrijke elementen van ondersteuning.

In tweede instantie kan de leerkracht realistische aanpassingen maken in de evaluatiecriteria. Zo krijgt Antoine, een slechtziende leerling, recht op een foutenmarge van 5 mm bij meetkunde. Bilal moet bij getallen assen niet manueel werken, maar mag getallen invullen op een digitale getallenas in de juiste zone.

Ten slotte geven alle leerlingen aan dat ze nood hebben aan een goede uitleg. Die kan komen van de leerkracht, maar ook van een externe ondersteuner. Het is belangrijk dat deze uitleg op maat wordt geformuleerd. Mathias hecht voor zijn ondersteuning belang aan de bijkomende uitleg van zijn ondersteuner *“Ja zo wel iemand die heel goed kan uitleggen.”* (Mathias, 15 jaar). Noor geeft aan dat de uitleg soms persoonlijk geformuleerd moet worden: *“Soms is één op één uitleg nog wel nodig.”* (Noor, 16 jaar). De leerlingen krijgen ook hulpmiddelen als onderdeel van hun ondersteunende maatregelen. Hierbij horen aangepaste grafische figuren. In de volgende thema's wordt hier dieper op in gegaan.

Naast aangepaste figuren waren er nog andere vormen van hulpmiddelen waarvan de leerlingen gebruik maakten. In het gewoon onderwijs hebben de leerlingen met een visuele beperking recht op een ondersteuner. Verder kregen leerlingen hulpfiches zoals formularia, een extra scherm met vergroting en een digitale cursus in combinatie met spraak en of een brailleleesregel.

De leerlingen waren tevreden over hun ondersteuning en gaven geen extra noden aan. Eén leerling wou wel meer spreiding van de lessen door de week.

### Leesbaarheid van de figuren

Om zicht te krijgen op de leesbaarheid van de figuren werd aan de leerlingen gevraagd om de figuren uit een recente wiskundeles te lezen en luidop toe te lichten. Daaruit bleek dat niet alle leerlingen de figuren correct lezen. Problemen situeren zich op volgende vakken: het vertellen van foute informatie *“Dit is denk ik een hyperbooltak...”* (Edis, 17 jaar), onzekerheid over de inhoud van de figuur *“uhm, is het een bergparabool?”* (Noor, 16 jaar) waarbij de leerling bevestiging zoekt. Tijdens het gesprek vertelden leerlingen dat ze zich zaken herinneren uit de les en noemen deze begrippen op. De fouten waren telkens andere begrippen die hoorden bij het onderwerp van de les waaruit de figuur kwam. Het lijkt dat de figuur herinneringen van de les oproept, maar der er soms niet wordt waargenomen wat erop staat.

De leerlingen haalden voorbeelden aan van momenten waarop een figuur niet goed leesbaar is:

- Antoine krijgt vergrote figuren. Voor hem kunnen te dikke randen de figuur onleesbaar maken: *“De randen van de figuur, die waren te dik. Dit was maar op één toets. Ik wist niet wat er stond.”* (Antoine, 14 jaar).

- Te veel informatie op een figuur vormt een probleem: *“Soms staat er zo te veel info op. Verwarrend zoveel lijnen en aanduidingen.”* (Mathias, 15 jaar) Het is beter als er niet te veel wordt aangeduid: *“Dus voor mij een zwelfiguur dat moet echt wel grote maten zijn en niet veel aangeduid.”* (Bilal, 13 jaar).
- Letters niet in brailleschrift zijn niet leesbaar voor de leerlingen. Bilal schrijft op de tekenfolie zodat de leerkracht dit kan lezen, maar hij zelf niet. Hij onthoudt echter wel dat er letters staan: *“Ik kan die soort van schrijven, maar het niet meer lezen. Ja, ik schreef die letters wel voor de leerkracht.”* (Bilal, 13 jaar).
- Een letterlijke kopie in reliëf is soms niet leesbaar omdat er bijvoorbeeld geen kleurcontrast wordt weergegeven: *“Niet rechtstreeks ge-copy paste is, dat bijvoorbeeld voor ziende mensen deze dingen in één kleur was en de andere dingen in de andere kleur. Dat is dan voor blinde allemaal gewoon dezelfde hoogte.”* (Bilal, 13 jaar). Het belangrijk is dat de figuur wordt gemaakt met een persoon met een visuele persoon in gedachten.

Toch worden er ook positieve ervaringen gesignaleerd op het vlak van leesbaarheid, met name:

- Er werden ook figuren juist voorgelezen. Een leerling ging op zoek naar herkenningspunten om zo de rest van de figuur betekenis te geven. De leerlingen konden beschrijven wat er op de figuren stond.
- De leerlingen maken gebruik van nuttige informatie geschreven in braille op de figuren zoals getallen bij de assen van een assenstelsel.
- Dikkere lijnen maken voor het hoofdonderwerp van de figuur duidelijker. Zo is het hoofdonderwerp makkelijk te onderscheiden van andere lijnen. *“Ja je voelt dus gewoon over het blad en dan waar er dikkere lijn zijn.”* (Noor, 16 jaar). Mathias suggereerde dit toe te passen om een figuur duidelijker te maken tijdens het interview: *“De lijnen dikker maken. Verder is het een goede figuur”* (Mathias, 15 jaar).
- Een duidelijke opmaak helpt de leerlingen bij het vinden van informatie op de figuur.

Ten slotte was er veel verschil in het gebruik van titels. Een leerling had extra titels op de buitenkant van zijn figuren geplakt om snel de juiste figuren te vinden. Andere leerlingen gingen echter niet gestructureerd te werk en lazen hun titel niet. Hierin staat meestal wel nuttige informatie over de figuur. In sommige gevallen staat er als titel op de figuur het

paginanummer van de cursus waar deze figuur bij hoort. Deze info helpt de leerling niet bij het geven van betekenis aan de inhoud zonder de cursus.

### Begrip van de leerstof met figuren

Er is intrinsieke motivatie bij de leerlingen om de leerstof te begrijpen. Heleen gaf aan dat ze het belangrijk vindt om zaken te begrijpen en niet uit het hoofd te leren zonder kennis.

Begrippen grondig uitgelegd krijgen is belangrijk: *“Ik moet het ook echt begrijpen, want ja, ik moet de logica vinden, want anders... Ik ben niet de persoon die gewoon dingen uit het hoofd leert, zonder het te begrijpen.”* (Heleen, 18 jaar).

Er wordt onderzocht of de figuren de leerlingen ook helpen om de leerstof te begrijpen en te verwerken. De leerlingen geven aan dat figuren hen helpen om tot een correct en goed begrip te komen, maar ze hebben moeite om te beschrijven op welke manier. Hun antwoorden konden onderverdeeld worden in twee sub-thema's: minder cognitieve belasting en conceptvorming.

### Minder cognitieve belasting

De figuren kunnen de leerlingen helpen de cognitieve werklast te verlagen. De leerlingen gaven aan dat ze door de figuren minder tekst moeten verwerken. Daarnaast werd vermeld dat het ook moeilijk is om een beschrijving van bepaalde zaken te interpreteren zoals een functie. Een van de leerlingen gaf aan dat ze zonder de figuren zo belast is dat ze niet meer goed kan rekenen: *“Dat ik het dan kan zien, want wanneer het gewoon geschreven is, dan moet ik zelf inbeelden en dat is een beetje moeilijk, dat maakt het dan nog extra werk in mijn hoofd. Dan kan ik ergens niet meer rekenen.”* (Heleen, 18 jaar).

### Concept vorming

Bepaalde begrippen zijn gemakkelijker te begrijpen met een figuur volgens de leerlingen. Enkel de definitie krijgen van een begrip of concept is volgens hen niet voldoende. Hoewel een definitie of beschrijving het begrip volledig capteert, valt het soms toch beter te begrijpen wanneer ook een figuur wordt aangereikt: *“Dat is het ding er ontbreekt niet echt iets, maar toch. De uitleg is volledig, maar met de figuur snap ik het gewoon beter.”* (Noor, 16 jaar). Leerling Noor vertelt verder: *“Want anders staat het gewoon in mijn boek als een beschrijving in woorden. En werkt dat niet. Dan helpt dit (figuur van een functie) om het meer te kunnen begrijpen.”* (Noor, 16 jaar).

De leerlingen geven aan dat de grafische voorstellingen op tactiele figuren ervoor zorgen dat ze zich concepten kunnen inbeelden. Ook Ediz, een volledig blinde geboren leerling, gaf aan zich een grafiek te kunnen inbeelden aan de hand van de figuren. Verder beschreef een leerling dat ze de voorstelling en leerstof samen onthoudt en eraan terugdenkt om het toe te passen: *“Dat blijft ergens in mij hangen: het beeld van de figuur. Dan kan ik soms starten door daaraan terug te denken. Zo van: het snijpunt lag daar, dus het punt zal hier ergens zijn.”* (Heleen, 18 jaar).

Uit de interviews blijkt verder dat leerlingen begrip vormen over wat er op de tactiele figuur staat door een combinatie van de figuur te verkennen en er uitleg over te krijgen. De toelichting kan zowel mondeling als geschreven zijn. Dit gaat over definities en uitleg bij concepten, alsook een beschrijving van wat de leerling kan verwachten waar te nemen op de figuur: *“Dan las ik de oefening en dan weet ik wel wat er moest staan.”* (Antoine, 14 jaar)

De leerlingen interpreteren de figuur door te zoeken naar kenmerken. Aan de hand van deze kenmerken en herkenningspunten leiden ze een totaalbeeld af en verwerken ze informatie over de figuur. Zo zocht een leerling eerst naar de assen en de grafiek. Daarna gaven de leerlingen ook meer informatie over de functie die ze kreeg: *“Stijging daar (Duid stuk van de parabool aan waar de functie stijgt)”* (Heleen, 18 jaar). Ten slotte geven de leerlingen ook aan eigenschappen van de functie te kunnen bepalen zoals het domein en bereik van de functie met de figuur tijdens lessen. Het aflezen van informatie om eigenschappen van een figuur te bepalen gebeurt procedureel: *“De y-coördinaat. Dat was naar links of rechts gaan. (Zoekt naar snijpunt y-as vanaf een punt)”* (Bilal, 13 jaar). Het begrip over de concepten wordt gevormd wanneer de begrippen met voorbeelden worden besproken. Dit kan een combinatie zijn van een definitie en een aanduiding op een figuur.

Bilal gaf aan dat hij naast zwelfiguren tekenfolie gebruikt om zijn eigen begrip te toetsen. Als hij niet weet of hij iets begrepen heeft, probeert hij zelf een voorbeeld te tekenen. Zo kan de leerkracht hier feedback op geven. Dit was dan wel een voorbeeld dat hij gaf in het geval van meetkunde. Ook is hij geprikkeld om te weten hoe ziende leerlingen concepten verwerken. *“Op zich is het dat wel handig en kun je wel weten hoe ziende mensen dat zich inbeelden”* (Bilal, 13 jaar)

## Kanttekening

Ten slotte gaf een leerling aan dat een figuur soms geen meerwaarde is. Dit komt voor als de figuur het complexer maakt: *“Toen het een heel onduidelijk figuur was, waren er heel veel dingen op stonden aangeduid, en hierdoor geraakte ik keihard in de war en begreep ik helemaal niks meer.”* (Bilal, 13 jaar). De figuur is ook geen meerwaarde wanneer deze geen belangrijke informatie toevoegt aan de oefening. Ten slotte kan het werken met figuren als heel vermoeid worden ervaren.

Twee leerlingen gaven expliciet de voorkeur aan digitaal werken over het gebruik van een figuur voor een getallenas aan te vullen of punten aan te duiden op een grafiek. Dit is minder zoeken voor de leerlingen en makkelijk in te vullen: *“Het liefst op de computer. Op de computer moet je gewoon aflezen en zo ja, ja op een figuur moet je zo soms zoeken.”* (Mathias, 15 jaar). Bilal vult aan: *“Ja, het was wel een klein beetje vermoeiend. Ik heb het liefst wel digitaal zulke dingen als een assenstelsel dat kun je dan lekker invullen, dat is daar veel handiger.”* (Bilal, 13 jaar).

## Gevoel van autonomie

Het gevoel van autonomie is belangrijk voor de motivatie van leerlingen. Over het algemeen geven de leerlingen twee zaken aan die nodig zijn om autonoom te kunnen werken: dat ze weten wat ze moeten doen om zelfstandig aan de slag te kunnen gaan en een begrip over de figuren die ze moeten gebruiken. De figuren zijn bruikbaar na ze hier begrip hebben over opgebouwd: *“Maar als ik een figuur eenmaal begrijp, dan kan ik dat wel gebruiken.”* (Bilal, 13 jaar).

Vijf leerlingen geven aan zelfstandig te kunnen werken na ze tijdens de les een goede uitleg hebben gekregen. Eén leerling had nood aan een ondersteuner die hem leidt over de figuren tijdens toetsen of examens. Deze persoon helpt dan om de juiste plaatsen op de tactiele figuur te vinden.

De leerlingen hebben uitleg nodig omdat:

- Ze het concept van de tekening nog moeten verwerken en begrijpen. *“Soms snap ik iets niet, dan stel ik een vraag en legt de leerkracht het nog is uit.”* (Antoine, 14 jaar).

- De figuur ingewikkeld kan zijn de eerste keer. *“Ook van wiskunde is dat wel als die figuren redelijk ingewikkeld zijn, dat ik eerst extra uitleg nodig heb over hoe dat in elkaar zit en waar de logica is.”* (Bilal, 13 jaar).
- De opmaak van de figuur moeilijk is en moeten vinden waar ze moeten voelen
- Ze zich onzeker voelen. *“Maar ik ben soms wat onzeker en dan daarom vraag ik nog veel.”* (Ediz, 17 jaar).

Hoewel de leerlingen aangeven uitleg nodig te hebben tijdens de les om de figuur te begrijpen, stellen ze thuis of op internaat ook zelfstandig te kunnen werken. Nadat er tijdens de les begrip is opgebouwd, hebben leerlingen weinig tot geen hulp nodig. Twee leerlingen krijgen wel soms uitleg van hun ouders: *“Soms, als ik iets niet snapte tijdens de les legt mama het nog eens uit.”* (Antoine, 14 jaar). Voor andere leerlingen is er niemand beschikbaar met voldoende kennis om te helpen met studeren of huiswerk. *“Dus ze begrijpen dat niet. Waardoor ik meestal zelf moet uitwerken en al.”* (Heleen, 18 jaar).

De leerlingen ervaren geen keuzemogelijkheden in de leerstof en oefeningen die ze moeten verwerken. De oefeningen die ze moeten maken zijn al door de leerkracht uitgekozen voor hen. Eén leerling heeft wel het gevoel dat ze inspraak heeft in haar ondersteuning en kan communiceren over welke hulpmiddelen haar helpen. Ze is hier positief over. Ze heeft het gevoel dat dit gunstige gevolgen heeft op haar resultaten. *“Ik vind dat sinds dan beter, want dan begrijp beter en onthoud ik ook beter.”* (Heleen, 18 jaar)

De leerlingen rapporteren een wisselend gevoel van competentie. Vijf leerlingen denken dat ze een oefening wel aankunnen na ze die in de klas goed hebben verwerkt. Drie leerlingen vinden hun huidig niveau niet goed genoeg. Een leerling gaf aan een lager niveau dan de klas te hebben en wil beter worden in wiskunde. De andere twee leerlingen gaven aan dat ze niet goed zijn in wiskunde: *“Ben ik niet zo goed in wiskunde, zo slechtste vak”* (Mathias, 15 jaar). Ze geloven dat ze ondanks goede ondersteuning toch slecht zullen blijven presteren. Dit leidt bij één leerling Noor tot weinig motivatie. Ze geeft dan ook aan dan niet meer zo goed zelfstandig te werken. Ze heeft het opgegeven en daarom soms geen zin meer om de hulpmiddelen te gebruiken. Ze denkt niet dat het nog een verschil gaat maken: *“Omdat ik zo meer ben van ja, weet je, het heeft geen zin.”* (Noor, 16 jaar).

## Stigma

De geïnterviewde leerlingen geven aan het gevoel te hebben dat hun leerkracht hun niveau goed inschat. Reden hiervoor waren:

- Het krijgen van passende hulpmiddelen: *“Dan krijg ik een formulair en dat helpt me dan wel echt.”* (Noor, 16 jaar).
- Het mogen proberen van oefeningen: *“Maar dat hij mij toch wel aan de slag laat gaan en laat zien van ja probeer het”* (Bilal, 13 jaar).
- Nodige informatie wordt aangevuld door de leerkracht bij een tekening.
- De oefeningen zijn niet te moeilijk.
- Het krijgen van oefeningen op het normaal niveau. Verschillende leerlingen gaven aan dat ze oefeningen op het normale niveau krijgen van het handboek of de leerkracht met uitleg de leerlingen naar dit niveau brengt.

De leerlingen hadden een goed gevoel bij het gebruik van hun hulpmiddelen. Ze geven aan dat ze hen helpen, handig zijn of ze er geen problemen mee hebben. Een leerling voelde zich dankbaar omdat hij de hulpmiddelen ter beschikking heeft.

De leerlingen in het gewoon onderwijs waren de enige van hun klas met hulpmiddelen. Ze krijgen hier vaak vragen van klasgenoten over, maar hebben hier geen probleem mee. *“Toen ik hier middelbaar kwam, moest ik aan heel de klas die TactiPad laten zien van hoe dat allemaal werkt, maar allee ik bedoel, Het is wel oké.”* (B., 13 jaar). De leerlingen in het gewoon onderwijs ervaren een gelijke behandeling: *“Als andere vragen stellen komt de leerkracht ook helpen.”* (Antoine, 14 jaar).

Twee leerlingen uit het buitengewoon onderwijs bemerkten dat ze een heel kleine klas hebben. Ze geven aan dat hier voor- en nadelen aangebonden zijn. Positief is dat ze aandacht op niveau kunnen krijgen: *“Dat is goed. De aandacht kan meer op niveau zijn”* (Noor, 16 jaar). Maar de leerlingen kunnen niet opgaan in de groep als ze hier geen zin in hebben: *“Soms heb ik gewoon geen zin in die extra aandacht snapt u?”* (Noor, 16 jaar). Ook zijn er weinig klasgenoten: *“Nee, ik ben mijn eigen klasgenoot. Ik vind dat soms wel jammer.”* (Ediz, 17 jaar).

## Discussie

In dit onderzoek lag de focus op hoe leerlingen met een visuele beperking het gebruik van grafische (tactiele) figuren ervaren tijdens de wiskundelessen. Daartoe zijn zes interviews afgenomen bij leerlingen met een visuele beperking. Er lag een focus op algebra en functieleer. De meest recente les over dit onderwerp werd besproken aan de hand van een aangepaste figuur die de leerling kreeg tijdens deze les. Bij het opnoemen van voorbeelden om hun argument te versterken gaven leerlingen soms ook voorbeelden uit voorgaande lessen. Tijdens de interviews is er gepeild naar de leesbaarheid van de figuren, de hulp die ze bieden bij het vormen van begrip van de leerstof en hoe het zit met het gevoel van autonomie en stigma bij de leerlingen. Uit de resultaten blijkt dat de leerlingen het gebruik van deze hulpmiddelen als nuttig ervaren, maar dat er ook een aantal aandachtspunten zijn.

De leerlingen gaven inzicht in wat een figuur leesbaar en dus bruikbaar voor hen maakt. De leerlingen gebruikten informatie die in braille is aangebracht op figuren. Twee leerlingen gaven aan dat het belangrijk is om bewust om te springen met de hoeveelheid informatie. Te veel informatie op één figuur maakt het onduidelijk voor hen. Ook beschrijven leerlingen dat ze het hoofdonderwerp sneller vinden als deze lijnen dikker zijn ten opzichte van de rest van de figuur.

De leerlingen gaven aan dat de figuren hen helpen om concepten te begrijpen. De bevroegde leerlingen beschrijven begrippen gemakkelijker te begrijpen met een aangepaste figuur. Dit ligt in lijn met de bevindingen van Sahin & Yorek (2009). De leerlingen geven allemaal aan dat de figuren hen ondersteunen om een mentaal beeld van de concepten te vormen. Dit helpt hen om de leerstof te onthouden en terug op te roepen. Ook in de literatuurstudie van Rule et al. (2011) wordt beschreven dat tactiele materialen belangrijk zijn om een mentaal beeld op te bouwen voor leerlingen met een visuele beperking. SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (2012) beschrijft dat het ontwikkelen van concepten zoals een grafiek moeilijker is voor een leerling die volledig blind is geboren. Dit verschil werd niet teruggevonden in deze studie.

Daarnaast beschrijven de leerlingen dat de figuren helpen de cognitieve werklast te verminderen, omdat de leerlingen minder tekst moeten doornemen en interpreteren. Dit werd in andere studies nog niet als voorbeeld aangehaald.

Het gebruik van figuren is een onderdeel van de bredere ondersteuningsmaatregelen die de leerlingen krijgen. De leerlingen gaven aan dat ze nood hebben aan een aangepast lestempo. Dit ligt in lijn met de literatuur hier wordt gewaarschuwd dat leerlingen met een visuele beperking meer tijd nodig hebben om een figuur te interpreteren (SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, 2012). In het gewoon onderwijs kan het lestempo zeer hoog liggen voor de leerlingen, wat tot vermoeidheid kan leiden bij leerlingen met een visuele beperking. Hiernaast kan een aanpassing van de opdrachten en evaluatiecriteria worden toegepast. Ook in andere studies wordt gevonden dat de evaluatiemethode van doelen soms zijn aangepast door de leerkracht naar een alternatieve uitvoering als deze niet realistisch zijn om te behalen voor de leerling (Rule et al., 2011). In de interviews beschreven de leerlingen ook dat uitleg op maat een noodzakelijk onderdeel is van een goede ondersteuning.

Het gevoel van autonomie en zelfzekerheid belangrijk is voor de motivatie van de leerlingen met een visuele beperking (Rule et al., 2011; Sierens & Vansteenkiste, 2009). Uit de interviews kwam ook het belang van een gevoel van zelfzekerheid. Eén leerling gaf toe weinig motivatie te hebben omdat ze haar niet goed voelt in het vak wiskunde. Als gevolg hiervan heeft ze ook geen zin om de hulpmiddelen te gebruiken. De zelfzekerheid van de leerling en het gevoel van autonomie kan gestimuleerd worden. De leerlingen gaven aan zelfstandig aan de slag te kunnen met de tactiele figuren na ze een goede uitleg hadden gekregen. Dit omdat de figuur een eerste keer ingewikkeld kan zijn om te lezen of ze het concept nog beter moeten verwerken.

Van Hove et al. (2019) waarschuwde dat leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften niet anders willen zijn dan andere. Er is het gevaar dat ze een hulpmiddel als stigmatiserend ervaren. De leerlingen in dit onderzoek geven aan positief te staan ten opzichte van hun hulpmiddelen tijdens de wiskundelessen. De figuren en andere ondersteuning worden beschreven als een waardevolle hulpbron. Niemand gaf aan het lastig te vinden of hulpmiddelen te weigeren. De leerlingen in het gewoon onderwijs gaven wel aan veel vragen te krijgen over hun hulpmiddelen van klasgenoten. De leerlingen in het buitengewoon onderwijs vinden het spijtig dat ze weinig klasgenoten hebben door zeer kleine klasgroepen.

De leerlingen hebben niet het gevoel dat er te lage verwachting worden gesteld aan hen. Er werd aangehaald dat ze oefeningen kregen uit de handboeken net zoals iedereen en dat de leerkracht een juiste inschatting maakt van hun niveau.

De leerlingen delen ook negatieve ervaringen met figuren, bijvoorbeeld wanneer een onduidelijke figuur leerlingen in de war brengt en onnodig complexiteit toevoegt. Daarbij rapporteren enkele leerlingen over een gevoel van vermoeidheid als ze veel figuren moeten interpreteren. Het SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (2012) beschrijft ook dat het interpreteren van deze figuren veel energie kost.

### Implicaties voor de onderwijspraktijk

Aangepaste tactiele of vergrote figuren kunnen een belangrijke rol vervullen tijdens de wiskunde-instructie om leerlingen met een visuele beperking te ondersteunen. De leerlingen beschreven de meerwaarde die de figuren hen bieden. Het helpt de leerlingen met een visuele beperking om een mentaal beeld van de situatie te vormen. Dit maakt het makkelijker om bepaalde begrippen te begrijpen. Daarnaast verlaagt het de belasting van het werkgeheugen.

Toch is een figuur niet altijd een meerwaarde volgens de leerlingen. Een onduidelijke figuur kan een verhoogde complexiteit met zich meebrengen. Ook moet er worden nagegaan of de figuur relevante informatie toevoegt. Een leerkracht kan hier best bewust mee omspringen en de figuren op een weloverwogen manier inzetten. Figuren moeten doordacht zijn opgesteld zodat de leerlingen deze vlot kunnen interpreteren. Het gebruik van figuren kan ook vermoeiend zijn voor leerlingen. Een afweging per onderwerp wordt aanbevolen. De leerlingen stonden positief tegen over het gebruik van de figuren tijdens functieleer. Het werken met een getallenas en het aflezen van punten deden ze soms liever digitaal.

De leerlingen hebben nood aan duidelijke uitleg om de figuren te kunnen interpreteren wanneer ze deze voor het eerst krijgen. Dit is belangrijk zodat de leerlingen er daarna zelfstandig mee aan de slag kunnen gaan. Het is dus essentieel om een duidelijke opdracht en duiding bij een figuur te voorzien in combinatie met een duidelijke opmaak. De leerlingen gaven aan dezelfde soort oefeningen als leeftijdsgenoten te maken, of wanneer dit nog niet lukt de leerkracht hun brengt naar dit niveau. Deze bevinding ligt in lijn met eerdere studies. Zo vond Nashleanas (2021) dat leerlingen met een visuele beperking een opdracht even goed als hun leeftijdsgenoten kunnen volbrengen als ze voldoende instructies en assisterende hulpmiddelen hebben.

Andere ondersteunende maatregelen worden complementair met tactiele figuren ingezet. Naast de hulpmiddelen die de leerlinge gebruiken kan de leerkracht ook tijdens de les acties ondernemen om de leerling te ondersteunen. Uit deze studie kwamen enkele aanbevelingen

naar boven, een aangepast lestempo met voldoende herhaling, realistische evaluatie criteria en heldere uitleg op maat.

### Reflectie

Het onderzoek identificeert dat er beperkte kennisbasis over hoe leerlingen met een visuele beperking hun ondersteuning ervaren in secundair onderwijs. De studie levert een waardevolle bijdragen door deze ervaring te bestuderen voor het gebruik van tactiele en vergrote figuren tijdens de wiskunde-instructie.

Het onderzoek heeft een kleine sample grootte. Hierdoor moet er voorzicht mee worden omgesprongen bij het trekken van algemene besluiten. De resultaten geven een eerste inzicht in de ervaring van het gebruik van hulpmiddelen vanuit het perspectief van de leerlingen met een visuele beperking. Dit is een moeilijk doelgroep om te bereiken, het is toch gelukt om diverse profielen te kunnen interviewen over hun ervaring met ondersteunde figuren. Dit gaf een unieke inkijk in de ervaringen van deze leerlingen. Het belang dat deze hulpmiddelen hebben voor de leerlingen kwam naar voren uit de gesprekken.

Het is mogelijks niet makkelijk voor leerlingen om een negatief gevoel zoals stigma te bespreken. Toch was er wel genoeg openheid bij leerlingen om te bespreken dat ze zich niet goed voelen in wiskundeles. In vervolgonderzoek kan er nog dieper worden toe gespist op dit aspect. De leerlingen uit het buitengewoon onderwijs gaven aan een kleine klasgrootte te hebben. Creëert dit toch een gevoel “anders” te zijn? Gaat elke leerling in het gewoon onderwijs even goed om met de vragen die hij/zij krijgt over de hulpmiddelen? Hoe kan er meer algemene zichtbaarheid worden gecreëerd voor deze groep leerlingen en hun noden?

## Conclusie

De ervaring van leerlingen met een visuele beperking met het gebruik van tactiele en vergrote figuren tijdens de wiskundeles werd onderzocht. Er geen weerstand tegen hulpmiddelen gevonden in dit onderzoek. De leerlingen gaven aan hoe de figuren hen helpen om wiskundige concepten te begrijpen.

Het doordacht inzetten van tactiele of vergrote figuren is een meerwaarde bij het voorzien van een rijke leeromgeving voor leerlingen met een visuele beperking. De leerlingen zijn in staat complexe concepten enigen te maken met de hulpmeiden van deze figuren en een uitleg op maat. De leerlingen hechten belang aan het begrip dat ze opbouwen. Ze geven aan net zoals jaargenoten wiskunde oefeningen op te lossen op niveau.

## Referenties

- Deboes, T. (2023). Decreet leersteun: dit zijn de grote lijnen. *Klasse*.  
<https://www.klasse.be/262679/decreet-leersteun-grote-lijnen/>
- Digitaal Vlaanderen. (n.d.). *leersteun voor leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften*. Retrieved June 1, 2024, from <https://www.vlaanderen.be/onderwijs-en-vorming/ondersteuning-en-begeleiding-voor-leerlingen-cursisten-en-studenten/basis-en-secundair-onderwijs/leersteun-voor-leerlingen-met-specifieke-onderwijsbehoeften#doelen>
- eduVIP. (2019, June 5). *Hulpmiddelen en tips voor het werken met voelbare tekeningen en grafieken*.  
<https://www.eduvip.nl/tekeningen-grafieken/>
- Heldens, J., & Reysoo, F. (2005). De kunst van het interviewen: reflecties op het interview met een guide. *KWALON*, 10(3). <https://doi.org/10.5117/2005.010.003.008>
- Klingenberg, O. G., Holkesvik, A. H., Augestad, L. B., & Erdem, E. (2019). Research evidence for mathematics education for students with visual impairment: A systematic review. In *Cogent Education* (Vol. 6, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1626322>
- Maćkowski, M., Brzoza, P., Meisel, R., Bas, M., & Spinczyk, D. (2020). Platform for math learning with audio-tactile graphics for visually impaired students. *ICCHP*.
- Mukhiddinov, M., & Kim, S. Y. (2021). A systematic literature review on the automatic creation of tactile graphics for the blind and visually impaired. In *Processes* (Vol. 9, Issue 10).  
<https://doi.org/10.3390/pr9101726>
- Nashleanas, A. N. (2021). The Perceptions of Teachers of Students with Visual Impairments on Students with Visual Impairments and Graphing: How To Teach. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*.
- Rule, A. C., Stefanich, G. P., Boody, R. M., & Peiffer, B. (2011). Impact of adaptive materials on teachers and their students with visual impairments in secondary science and mathematics classes. *International Journal of Science Education*, 33(6).  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2010.506619>
- Sahin, M., & Yorek, N. (2009). Teaching Science to Visually Impaired Students: A Small-Scale Qualitative Study. *USChina Education Review*, 6(4).
- Sierens, E., & Vansteenkiste, M. (2009). Wanneer “meer minder betekent”: motivatieprofielen van leerlingen in kaart gebracht. *Begeleid Zelfstandig Leren*, 24(December).
- SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling. (2012). *Passende perspectieven rekenen*.
- Terry, G., Hayfield, N., Clarke, V., & Braun, V. (2017). The SAGE handbook of qualitative research in psychology thematic analysis Introduction. In *The SAGE handbook of qualitative research in psychology*.
- Van Hove, G., De Schauwer, E., & Daelman, S. (2019). Visie van leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften op ondersteuning en ondersteuners binnen het regulier onderwijs. *Tijdschrift Voor Orthopedagogiek, Kinderpsychiatrie En Klinische Kinderpsychologie*, 44(3–4).

Vandana, A. S. (2022). TRENDS AND CHALLENGES IN THE WORLD OF THE BLIND FOR EDUCATION IN MATHEMATICS. *Journal of Positive School Psychology* , 2022(4).

Vlaams Agentschap voor personen met een handicap. (n.d.). *Visuele beperking*. Retrieved February 25, 2024, from <https://www.vaph.be/professionelen/mdt/mdv/modules/visuele-beperking>

Vlaams ministerie van onderwijs en vorming. (n.d.). *Het buitengewoon secundair onderwijs*. Retrieved June 1, 2024, from <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/structuur/secundair/het-buitengewoon-secundair-onderwijs>

Vlaamse Onderwijsraad. (2013, October). *Vlaamse wiskundecode voor leerlingen met een visuele beperking*. <https://www.vlor.be/publicaties/praktijkhandboeken/vlaamse-wiskundecode-voor-leerlingen-met-een-visuele-beperking>

## Bijlage A Topic Guide:

Thema	Voorbeeld vragen	X
<p><b>Voorstellen:</b> Ik ben Anouk, studente aan de VUB en ik maak een thesis rond de ondersteuning van leerlingen met een visuele beperking tijdens de wiskundeles. Ik vind het belangrijk om te bevragen wat de leerlingen zelf van de hulpmiddelen vinden die ze krijgen. Zou jij jouw ervaring en mening willen delen?</p> <p><b>Informed consent</b> bespreken met de ouders.</p>		
Intro	<b>Over wat ging je laatste les wiskunde?</b> Kan je vertellen wat jullie in die les gedaan hebben?	
	<b>Hoe was de ondersteuning tijdens deze les?</b> Kan je me meer vertellen over de <b>figuren</b> die gebruikt zijn?	
Leesbaarheid	<b>Kan je beschrijven en voortonen hoe jij een figuur leest wanneer je deze krijgt?</b>	
	<b>Wat staat er op de figuur?</b> Kan je de tekst op de figuren lezen? (Assen/ titel) Hoe doe je dit? Doorvragen: Is dit werkbaar?	
	Kan je de grafieken op de figuren onderscheiden?	
	Kan je waarden van punten op de grafiek aflezen?	
Begrip	<b>Kan jij vertellen waarover deze figuur ging? Wat betekent het?</b>	
	Helpen de figuren jou om de leerstof te begrijpen? → Doorvragen: Hoe? Waarom wel / niet	
	Begrijp je de figuren tijdens de les? Wanneer wel/ wanneer niet? Welke figuren wel/ welke niet of minder?	
Autonomie	Kan jij zelfstandig aan de slag met de lesmaterialen tijdens de les? → Doorvragen: Waarom wel / niet	
	Heb je nog bijkomstige ondersteuning om de figuren te kunnen begrijpen? (audio / 1 op 1 uitleg / ....) In geval van nee, zou je dat willen?	
	Heb je thuishulp nodig om te studeren en taken te maken? → Doorvragen: met wat, wie helpt, hoe helpt de persoon, ...	
	Als je een wiskundeopdracht krijgt, heb je het gevoel dat je deze kunt volbrengen? (Eventueel schaal 1-10)	
	Kan je soms keuzes maken over je leertraject? → Zo ja welke? (Inpraak in gebruik hulpmiddelen/ soorten oefeningen) → Zo nee zou je dat willen?	
Stigma	Hoe voel jij je bij het gebruik van hulpmiddelen? Waarom voel je je zo? Kan je dat wat meer uitleggen?	
	Heb je het gevoel dat je leerkracht juist inschat wat jouw niveau is? → Doorvragen: Waarom wel/ niet	
	Hoe voel je je ten opzichte van je klasgenoten tijdens de les? → Waarom voel je je zo? Maken andere leerlingen in je klas ook gebruik van hulpmiddelen? Hoe ervaar je dat?	
Afsluiten	Wat vind je van de gebruikte figuren?	
	Zijn er nog zaken die je wil vertellen over de ondersteuning die je krijgt?	
	Zijn er zaken die anders zou willen, dan hoe het nu was?	
	Hoe ziet een goede ondersteuning voor jou eruit?	

## Bijlage B

# Geinformeerde toestemming deelnemen interview thesis:

### Intro:

Ik volg de educatieve master aan de VUB en maak dit jaar een masterproef over wiskundeles bij leerlingen met een visuele beperking. Voor mijn onderzoek wordt de mening van de leerlingen bevraagd. Het zou een meerwaarde zijn als jij wil deelnemen aan een éénmalig interview. Zou u open staan voor een interview?

## Gebruik informatie:

### Gebruik van de informatie uit het interview:

- Deelnemers zullen anoniem worden gemaakt
- De informatie wordt enkel voor deze thesis gebruikt en blijft dan ook in het bezit van de student en indien nodig de begeleiders
- Het materiaal zal niet gebruikt worden in een presentatie wanneer het niet relevant is voor de presentatie
- Als het gesprek wordt opgenomen dient dit voor transcriptie achteraf
- De gegevens worden online bewaard tot drie jaar na de dataverzameling. Na deze periode worden de gegevens verwijderd
- Ik weet dat mijn deelname vrijwillig is en dat ik me te allen tijde, zonder daarvoor redenen op te geven, kan terugtrekken uit dit onderzoek. Verder begrijp ik dat ik de verstrekte gegevens tot twee weken na het einde van de gegevensverzameling kan intrekken

*Naam leerling:*

**Als ouder of wettelijke voogd voor \_\_\_\_\_:**

bevestig ik dat het toegelaten is om

- De antwoorden anoniem te verwerken in een verslag
- Het interview op te nemen voor transcriptie

Naam:

Handtekening:

Datum: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_