

Technologie-ondersteund formatief handelen in STEM

Onderzoeksrapport

Onderzoeksgroep Professional Teaching hogeschool VIVES

Stephanie Vervaet, Stijn Coussement, Remko Meys & Annelore Blondeel

September 2023 – december 2025

Dit onderzoeksrapport is ontwikkeld in het kader van het onderzoeksproject 'Technologie-ondersteunend formatief handelen in STEM' van de onderzoeksgroep Professional Teaching van Hogeschool VIVES. Dit document mag gebruikt worden op voorwaarde dat de bron vermeld wordt. De inhoud mag niet voor commerciële doelen gebruikt worden.

[Onderzoeksrapport Technologie-ondersteund formatief handelen in STEM](#) © 2025 by [Professional Teaching VIVES](#) is licensed under [CC BY-NC-SA 4.0](#)



Abstract

In STEM-onderwijs is het moeilijk om zicht te krijgen op het beheersingsniveau van complexe STEM-vaardigheden bij leerlingen zoals bijvoorbeeld voorspellen, plannen, gegevens analyseren, concluderen... (Reynolds, O'Leary, Brown, & Costello, 2020; Dejonckheere, Vervaeke, & Van de Keere, 2016). Hierdoor is het voor leraren een uitdaging om hun begeleiding af te stemmen op het beheersingsniveau en leerproces van de leerlingen. Om aan deze uitdaging tegemoet te komen, kan formatief handelen soelaas bieden. Formatief handelen is een didactische aanpak die bestaat uit vijf kernstrategieën (William & Leahy, 2018) waarbij het leren zichtbaar wordt gemaakt. Daarnaast kan educatieve technologie ook ingezet worden om het leerproces zichtbaar te helpen maken en om leraren te ondersteunen bij het formatief handelen in STEM-onderwijs (Reynolds, O'Leary, Brown, & Costello, 2020).

Vanuit deze nood ontstond volgende onderzoeksvraag: "Hoe kan STEM-onderwijs vormgegeven worden aan de hand van formatief handelen en met behulp van educatieve technologie zodat de STEM-vaardigheden van leerlingen (2e-3e graad lager onderwijs) in kaart worden gebracht?".

Om deze vraag te beantwoorden werd een ontwerponderzoek uitgevoerd volgens het Education Design Research-model (McKenney & Reeves, 2012) waarbij drie fasen iteratief doorlopen werden: analyse en exploratie, ontwerp en constructie, en evaluatie en reflectie. Het ontwerponderzoek resulteerde in de eerste EDUbox voor het lager onderwijs. Dit gebeurde in nauwe samenwerking met acht leraren uit drie basisscholen, de educatiedienst van de VRT en Brightlab. Aan de hand van observaties en audio-opnames tijdens de lessen en semi-gestructureerde interviews na de lessen werd in kaart gebracht hoe formatief handelen het STEM-onderwijs kan versterken, hoe educatieve technologie (de EDUbox) hierin kan ondersteunen en hoe leraren dit ervaren.

Naast de EDUbox als resultaat van het ontwerpproces waarbij de didactisch raakvlakken tussen onderzoekend leren en formatief handelen worden ingezet en ondersteund door educatieve technologie, levert het onderzoeksproject nog drie andere belangrijke resultaten op. Ten eerste, de EDUbox bevat de nodige opportuniteiten om de STEM-vaardigheden van leerlingen te faciliteren zoals bv. het uitvoeren en verzamelen van gegevens. Het gaat om opportuniteiten aangezien de leraar een cruciale rol speelt in het faciliteren van die STEM-vaardigheden. Ten tweede, de vijf kernstrategieën van formatief handelen die in de EDUbox aanwezig zijn, maken het mogelijk om de STEM-vaardigheden expliciet te maken door bv. succescriteria te delen of bewijs van leren te verzamelen. Ten derde, de EDUbox als educatieve technologie wordt door de leraren ervaren als middel doordat het inhoudelijk rijk, motiverend, gebruiksvriendelijk en ontlastend is. De technologie neemt bepaalde organisatorische en inhoudelijke stappen over, waardoor leraren meer ruimte ervaren om te observeren, te begeleiden en in te spelen op verschillen tussen leerlingen. Dit bemiddelt verschillende lerarenrollen, waaronder die van instructeur, klasmanager, evaluator en begeleider.

De resultaten tonen dat technologie-ondersteund formatief handelen het STEM-onderwijs kan versterken en dat dit gepaard gaat met een rolverandering van de leraar. Aangezien de leraren gedurende het onderzoeksproject begeleid werden, zou het interessant zijn als vervolgonderzoek om na te gaan of deze resultaten ook gevonden worden bij leraren die zelfstandig de EDUbox doorlopen.

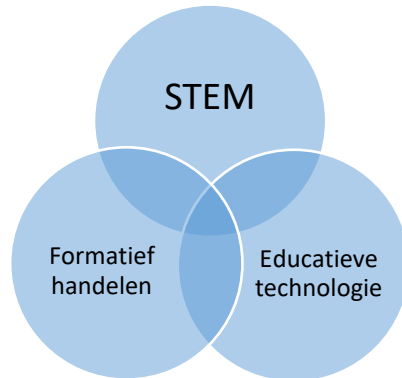
Inhoudstafel

Abstract	3
1 Inleiding	6
2 Onderzoeksvragen	7
3 Conceptueel kader	8
3.1 Onderzoekend leren als didactiek voor STEM-onderwijs	8
3.2 Formatief handelen.....	10
3.2.1 Conceptuele verkenning	10
3.2.2 Formatief handelen didactisch vormgeven	11
3.3 Onderzoekend leren en formatief handelen vormen een goede match voor STEM-onderwijs 16	
3.3.1 Inhoudelijke redenen.....	16
3.3.2 Didactische raakvlakken	17
3.4 Inzet van educatieve technologie	19
3.5 Slot	21
4 Methode (dataverzameling en data-analyse).....	22
4.1 Analyse- en exploratiefase	23
4.2 Ontwerp- en constructiefase	24
4.2.1 Projectjaar 1.....	24
4.2.2 Projectjaar 2.....	24
4.3 Evaluatie- en reflectiefase	25
4.3.1 Observatie en audio-opname	25
4.3.2 Interview.....	26
4.4 Implementatie en verspreiding.....	26
5 Resultaten.....	27
5.1 EDUbox als ontwerp.....	27
5.2 STEM-vaardigheden in de EDUBOX	28
5.3 Formatief handelen in de EDUBOX	33
5.3.1 Kernstrategie 1: leerdoelen en succescriteria duidelijk maken, delen en begrijpen.....	33
5.3.2 Kernstrategie 2: bewijs verzamelen van de leerresultaten	35
5.3.3 Kernstrategie 3: feedback geven die het leerproces stimuleert.....	37
5.3.4 Kernstrategie 4: leerlingen activeren als leerbron van elkaar	38
5.3.5 Kernstrategie 5: leerlingen stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn	39
5.4 De EDUbox als educatieve technologie	40

5.4.1	De EDUbox als middel.....	41
5.4.2	De EDUbox als bemiddelend	44
6	Conclusie en discussie	50
7	Referenties.....	52

1 Inleiding

Het project ‘technologie-ondersteund formatief handelen in STEM-onderwijs’ (TOFH-STEM) bevindt zich op de gemeenschappelijke doorsnede van drie actuele onderwijsonderwerpen, namelijk STEM-onderwijs, formatief handelen en educatieve technologie (figuur 1).



Figuur 1 Theoretisch kader TOFH-STEM

Het doel van het project bestaat uit het versterken van STEM-onderwijs aan de hand van ontwerponderzoek (McKenney & Reeves, 2012) waarbij de focus ligt op het verbeteren van de STEM-vaardigheden bij leerlingen in de lagere school. Om de STEM-vaardigheden te versterken wordt de didactiek van formatief handelen en onderzoekend leren ingezet. De educatieve technologie wordt ingezet ter ondersteuning van deze didactiek.

De focus van het project ligt op STEM-onderwijs. In Vlaanderen blijft STEM hoog op de politieke agenda staan (Vlaamse Onderwijsraad, 2021). In het secundair onderwijs werd dit belang ook erkend door de basisoptie STEM te introduceren. De doelgroep van dit project vormt het basisonderwijs. Het basisonderwijs biedt leerlingen een brede basisvorming waarbinnen STEM een deel van de doelstellingen omvat. Dit gegeven wordt onderschreven door de nieuwe minimumdoelen waarin STEM een plaats krijgt.

STEM is echter vaak complex en vereist hogere orde vaardigheden zoals evalueren, creëren en analyseren (Stichting Leerplan Ontwikkeling, 2023). Dit betekent dat leraren hun begeleiding en het leerproces moeten afstemmen op het beheersingsniveau van die vaardigheden bij hun leerlingen. Om die hogere orde vaardigheden te begeleiden leent de didactiek van onderzoekend leren (zie hoofdstuk 2; Dejonckheere, Vervaeke, & Van de Keere, 2016) en formatief handelen (zie hoofdstuk 3; Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López, 2022) zich goed waarbij beide aanpakken geïntegreerd kunnen worden (zie hoofdstuk 4).

Om de didactiek van onderzoekend leren en formatief handelen te faciliteren kan educatieve technologie ingezet worden (zie hoofdstuk 5). Hierdoor kunnen zowel de leraar als de leerling(en) zicht krijgen op het leerproces van de leerlingen met betrekking tot hun STEM-vaardigheden. Bovendien ondersteunt de educatieve technologie ook de leraar in de complexiteit en veelheid van beide didactische aanpakken doordat de educatieve technologie elementen uit beide didactische aanpakken kan overnemen. De ondersteuning van de leraar door de educatieve technologie die bepaalde elementen uit de didactiek van onderzoekend leren en formatief handelen overneemt, gaat gepaard met een verander(en)de rol van de leraar.

2 Onderzoeksvragen

Bovenstaande inleiding leidt ons tot volgende onderzoeksvraag:

Hoe kan STEM-onderwijs vormgegeven worden aan de hand van formatief handelen en met behulp van educatieve technologie zodat de STEM-vaardigheden van leerlingen (2^e-3^e graad lager onderwijs) in kaart worden gebracht?

Aangezien deze onderzoeksvraag gelaagd is, splitsen we deze op in volgende drie deelvragen:

1. Hoe kan een didactisch kader waarin STEM, formatief handelen en het inzetten van educatieve technologie geïntegreerd worden, vorm krijgen? M.a.w. wat zijn belangrijke ontwerpprincipes waaraan een TOFH STEM-activiteit moet voorzien?
2. Hoe kunnen STEM-vaardigheden van leerlingen 2^e en 3^e graad lager onderwijs in kaart gebracht worden met ondersteuning van educatieve technologie? We focussen op de volgende vijf STEM-vaardigheden (gebaseerd op het PK-model): (1) voorspellen, (2) uitvoeren & verzamelen van gegevens, (3) analyseren & interpreteren, (4) concluderen en (5) reflecteren.
3. Hoe ervaren leraren dit begeleidingsproces (van het inzetten van formatief handelen en educatieve technologie in STEM)?

Het beantwoorden van de onderzoeksvraag leidt tot volgende doelstellingen:

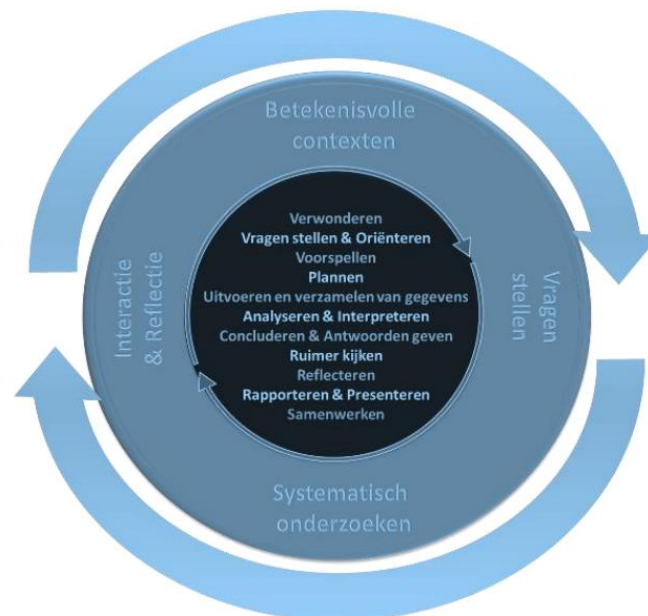
1. Ontwikkelen van didactisch kader rond het formatief handelen in STEM en hoe digitale technologie hierin kan ondersteunen (via literatuurstudie). Hierbij worden ontwerpprincipes afgebakend waaraan een TOFH STEM-activiteit moet voldoen.
2. Uittesten van didactisch kader aan de hand van goede praktijkvoorbeelden waarin het didactisch kader wordt toegepast (via ontwerponderzoek).
3. In kaart brengen hoe het formatief handelen van de leraar de STEM-vaardigheden van de leerlingen kan ondersteunen (via gestructureerde observatie).
4. In kaart brengen welke en hoe educatieve technologie functioneel ingezet kan worden in STEM-activiteiten om de STEM-vaardigheden van de leerlingen in kaart te brengen (via literatuurstudie en gestructureerde observatie).
5. In kaart brengen hoe leraren TOFH in STEM ervaren (via semi-gestructureerde interviews).

3 Conceptueel kader

3.1 Onderzoekend leren als didactiek voor STEM-onderwijs

STEM-onderwijs zet in op het ontwikkelen van STEM-geletterdheid bij de leerlingen, namelijk: “(...) *het opbouwen van wetenschappelijke, technische en wiskundige inzichten, concepten én praktijken (S, T & M) en het inzetten ervan om complexe vragen of een levensecht probleem op te lossen (E).*” (Departement Onderwijs en Vorming, 2015). Om dergelijke STEM-geletterdheid te ontwikkelen bij de leerlingen, leent de didactiek van onderzoekend leren zich goed waarbij leerlingen hun exploratiedrang wordt geprikkeld en ingezet in het leerproces. Daarnaast faciliteert een didactiek van onderzoekend leren ook het geïntegreerd werken aan de STEM-geletterdheid bij de leerlingen.

De onderzoeksgroep Professional Teaching van hogeschool VIVES heeft de voorbije jaren reeds heel wat expertise en ervaring opgebouwd rond STEM en onderzoekend leren (Dejonckheere, Vervae, & Van de Keere, 2016; Vervae, 2020; Van De Keere & Neyrynck, 2020). Zo ontwikkelde de onderzoeksgroep het PK-model dat een didactisch kader vormt om STEM en onderzoekend leren in de klaspraktijk te brengen (Dejonckheere, Vervae, & Van De Keere, 2016) (figuur 2).

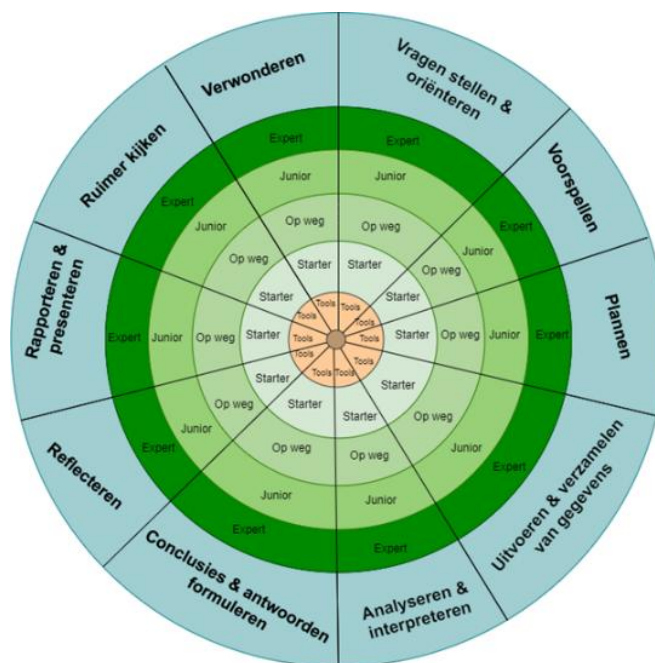


Figuur 2 PK-model voor STEM met pijlers en kerncomponenten (Dejonckheere, Vervae & Van De Keere, 2016).

Het PK-model bestaat uit twee lagen. De eerste laag bestaat uit vier pijlers (P) en de tweede laag uit kerncomponenten (K). De vier pijlers zijn (1) betekenisvolle contexten, (2) denk- en doevragen stellen, (3) systematisch onderzoeken en (4) reflectie en interactie. Het zijn didactische principes die de leraar houvast bieden om een krachtige leeromgeving vorm te geven voor STEM. De kerncomponenten zijn competenties bij de leerling die een leraar kan observeren en stimuleren tijdens STEM-activiteiten. In het PK-model omschrijven we de volgende kerncomponenten: verwonderen, vragen stellen & oriënteren, voorspellen, plannen, uitvoeren en verzamelen van gegevens, analyseren & interpreteren, concluderen & antwoorden geven, ruimer kijken, reflecteren, rapporteren & presenteren, en samenwerken. De kerncomponenten zijn complexe hogere orde vaardigheden die geleidelijk aan ontwikkeld worden door verschillende oefenmomenten op langere termijn.

Om leerlingen optimaal te begeleiden in hun STEM-vaardigheden, hebben leraren inzicht nodig in het beheersingsniveau van specifieke STEM-vaardigheden van leerlingen en het bijbehorende leerproces. Dit blijkt in de praktijk niet zo eenvoudig zoals blijkt uit feedback die we krijgen bij vormingen en andere onderzoeksprojecten maar ook uit het onderzoek van Reynolds, O’Leary, Brown, & Costello (2020) die stellen dat *“this highlights the importance of reaching a shared understanding of the key content and, perhaps, even more importantly, learning progressions, that underpin all STEM subjects and the concept of STEM as a unitary domain”* (p. 12).

In eerder onderzoek plaatste de onderzoeksgroep de tien kerncomponenten voorop als essentiële STEM-vaardigheden. Voor deze STEM-vaardigheden werden verschillende niveaus uitgeschreven die kunnen beschouwd worden als de leerprogressies die houvast bieden als stappen waar leerlingen doorheen moeten evolueren om een bepaalde STEM-vaardigheid zich eigen te maken. De indeling van de tien kerncomponenten in vier niveaus wordt visueel weergegeven in een STEM-rad (figuur 3). In de kern van het STEM-rad staat een verwijzing naar tools die ingezet kunnen worden om de kerncomponenten in kaart te brengen.



Figuur 3 STEM-rad met leerprogressies per kerncomponent

De vier niveaus (starter, op weg, junior, expert) staan voor de verschillende ontwikkelstappen of leerprogressies die leerlingen kunnen maken per kerncomponent. De verschillende leerprogressies worden schriftelijk geduid in een rubriek (figuur 4).

KERNCOMPONENTEN	DEELCOMPETENTIE	Starter	Op weg	Junior	Expert
VERWONDEREN	Verwonderd zijn	Stelt geen vragen. Wekt geen nieuwsgierige indruk. Is niet betrokken.		Wekt een geïnteresseerde indruk. Stelt vragen afgeleid van waarnemingen (wat is dat, waarom...). Kijkt aandachtig. Is geboeid.	Stelt veel vragen. Wil alles weten. Vraagt naar verbanden tussen waarnemingen. Stelt vragen op basis van redeneringen.
VRAGEN STELLEN & ORIENTEREN	Probleem verkennen	Herkent geen probleem. Verkent het probleem niet spontaan. Kan een probleem niet beschrijven	Verkent het probleem of verschijnsel intuïtief; kijkt, zit er met de handen mee; gebruikt zintuigen om waar te nemen; verwoordt wat hij waarneemt	Verkent het probleem systematisch en beargumenteerd. Heeft concrete verwachtingen. Kan aangeven waarom iets een probleem is dat opgelost moet worden.	Stelt (kritische) vragen om een probleem of verschijnsel te verduidelijken. Kan de essentie verwoorden. Maakt een onderscheid tussen waarneming en interpretatie. Brengt een realistisch probleem of een uitdaging uit de fysieke wereld zelf aan en verwoordt dit.
	Hanteren van bronnen	Kan geen gepaste informatie opzoeken/verzamen.	Kan met hulp van leerkracht eenvoudige bronnen hanteren om iets te weten te komen.	Gebruikt zelfstandig verschillende informatiebronnen op zijn niveau. Kan goede bronnen vinden.	Gebruikt op systematische wijze samenhangende informatie (ook andere dan teksten). Is kritisch met informatiebronnen.
	Voorkennis gebruiken	Gebruik van bestaande kennis, vaardigheden of ervaringen is niet merkbaar	Benoemt eerdere ervaringen en aanwezige voorkennis	Verband tussen probleem en eerdere, vergelijkbare ervaringen worden herkend ('hee, dat heb ik toen ook gehad'). Relevante voorkennis in relatie tot het probleem wordt expliciet genoemd	Heeft voorkennis op veel terreinen. Legt gemakkelijk verbanden tussen nieuwe ervaringen en bestaande kennis.

Figuur 4 Voorbeeld van leerprogressies uit rubriek voor de kerncomponenten 'verwonderen' en 'vragen stellen & oriënteren'

3.2 Formatief handelen

3.2.1 Conceptuele verkenning

Er wordt traditioneel een onderscheid gemaakt tussen summatief en formatief evalueren. Een formatieve evaluatie is gericht op feedback geven om het leerproces te versterken (*assessment for learning*), summatief evalueren gaat over het vellen van een eindoordeel over het leren (*assessment of learning*). Wiliam en Black (1996) beschouwen echter beide vormen van evaluatie niet als een tegenstelling meer situeren ze eerder op een continuüm. Formatief verwijst immers naar de eigenschap van een beslissing die je neemt op basis van de opgehaalde informatie bij de leerlingen en niet naar een eigenschap van een toets of meetmoment. Vanuit deze gedachte kan een bepaalde evaluatie zowel een summatief als een formatief doel dienen. Zo kan een summatieve toets ook formatief gebruikt worden (Black & Wiliam, 2009).

In dit hoofdstuk schuiven we uitdagingen naar voren binnen STEM-onderwijs waarop formatief handelen een antwoord kan bieden. Formatief handelen is een vernieuwende aanpak die door de 'Toetsrevolutie' in Nederland naar Vlaanderen komt overgewaaid (Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López, 2022). In de populairwetenschappelijke literatuur zijn er verschillende benamingen in omloop voor hetzelfde concept: formatief toetsen (de Feyter & Bernaerts, 2017), formatief evalueren (Stichting Leerplan Ontwikkeling, 2024) of formatief handelen (Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López, 2022). Die laatste spreken over formatief handelen in plaats van toetsen of evalueren om specifiek de nadruk te leggen op de didactische aanpak, het in actie komen van zowel de leerling als de leraar. Ondanks de verschillende benamingen – en op sommige kleine verschillen na – omvatten ze allen een aantal overeenkomstige kenmerken (D'haese, Van Gasse, Vanhoof, & Montero Perez, 2023).

Black en William (2009) definiëren formatief handelen als volgt:

“Practice in a classroom is formative to the extent that evidence about student achievement is elicited, interpreted, and used by teachers, learners, or their peers, to make decisions about the next steps in instruction that are likely to be better, or better founded, than the decisions they would have taken in the absence of the evidence that was elicited.” (p. 7)

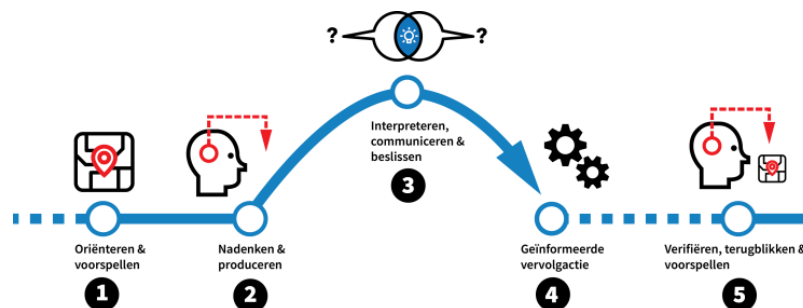
Reynolds, O'Leary, Brown, & Costello (2020) vullen met hun definitie nog een aantal kenmerken van formatief handelen aan:

“Formative assessment is considered to be a dynamic or cyclical process involving the elicitation and interpretation of evidence that will be used by learners and their teachers to make decisions about next steps in learning. Formative assessment inherently requires an understanding of instructional goals, students’ current progress in reaching those goals, and what students must do to close the gap between their current attainment and the end goals.” (p. 5)

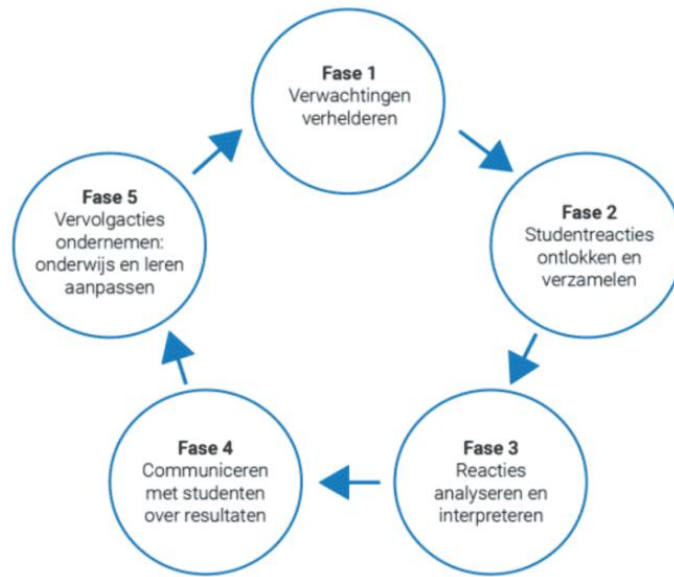
Op basis van beide definities komen de overeenkomstige kenmerken naar boven. Zo gaat het om een iteratief en cyclisch proces waarin telkens inzicht nodig is in de vooropgestelde leerdoelen, om vervolgens bewijs te verzamelen van het leren en te interpreteren in verband met de voortgang van de leerling ten aanzien van deze leerdoelen. Op basis hiervan kan dan telkens een vervolgactie bepaald worden om de kloof te overbruggen tussen de huidige en de gewenste situatie. Door formatief te handelen kunnen leraren en leerlingen doelgericht nagaan of het behandelde daadwerkelijk wordt beheerst door de leerlingen, zodat duidelijk wordt wat de volgende stap in het leerproces moet zijn. De kern van formatief handelen bestaat bijgevolg uit het verzamelen van informatie en een doelgerichte vervolgactie ondernemen op basis van die informatie.

3.2.2 Formatief handelen didactisch vormgeven

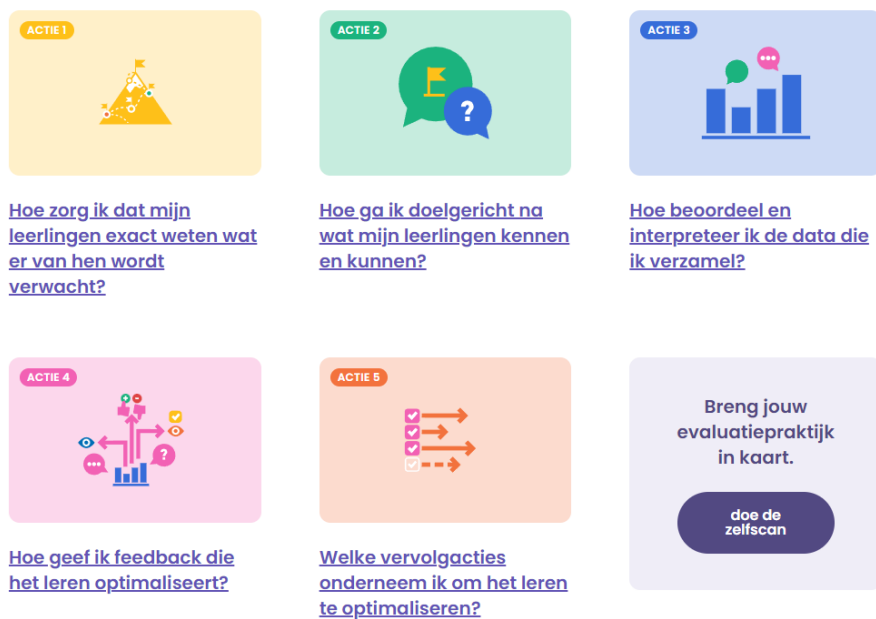
Er zijn verschillende visualisaties en modellen in omloop om formatief handelen vorm te geven in de praktijk. De verschillende onderdelen van formatief handelen vinden we terug in stappenplannen om formatief handelen vorm te geven zoals bijvoorbeeld het model beschreven door Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López (2022) (zie Figuur 5) of de formatieve toetscyclus van Gulikers & Baartman (2017) (figuur 6) of de vijf acties van Proev (2023) (figuur 7). De drie modellen bestaan uit vijf stappen, fases of acties die iteratief doorlopen worden en hebben als doelstelling om leraren te helpen om formatief te handelen in hun klaspraktijk.



Figuur 5 De vijf basisstappen van formatief handelen (Kneyber et al., 2022)



Figuur 6 De formatieve toetscyclus (Gulikers & Baartman, 2017)



Figuur 7 Vijf acties om effectief te evalueren in je klas (www.proev.be, 2023)

Daarnaast visualiseren Wiliam en Leahy (2018) in Figuur 8 vijf kernstrategieën voor formatief handelen vanuit eerdere literatuur (Leahy, Lyon, Thompson, & Wiliam, 2005; William & Black, 2009).

	Waar gaat de leerling naartoe?	Waar staat de leerling nu?	De weg naar het doel
Leraar	1 Leerdoelen en succescriteria duidelijk maken, delen en begrijpen	2 Bewijs verzamelen van de leerresultaten	3 Feedback geven die het leerproces stimuleert
Klasgenoot		4 Leerlingen activeren als leerbron voor elkaar	
Leerling		5 Leerlingen stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn	

Figuur 8 Vijf kernstrategieën voor formatief handelen (William & Leahy, 2018)

De strategieën sluiten duidelijk aan bij het proces van formatief handelen zoals eerder beschreven in de conceptuele verkenning en in voorgaande modellen. De vierde en vijfde strategie, leerlingen activeren als leerbron voor elkaar en leerlingen stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn en onderstrepen dat de leerlingen een actieve rol moeten opnemen binnen formatief handelen.

De invulling van de verschillende stappenplannen en kernstrategieën is verder ook afhankelijk van de context. Het formatief handelen kan bijvoorbeeld kort doorlopen worden tijdens een klasgesprek, waarin de leraar vervolgvragen stelt op basis van de antwoorden van een leerling. In dit geval kan sprake zijn van informeel formatief handelen. Het is echter ook mogelijk dat de leraar heel bewust op een sleutelmoment in de les vragen stelt om het lesbegrip van een leerling na te gaan en een vervolgactie te bepalen, dit kan ook over de lessen heen. In dit geval krijgt formatief handelen vorm op een meer formele wijze (e.g. Reynolds, O’Leary, Brown, & Costello, 2020; Stichting Leerplan Ontwikkeling, 2021).

In wat volgt gebruiken we de vijf kernstrategieën van Wiliam en Leahy (2018) (Figuur 8) als vertrekpunt om de didactische aanpak van formatief handelen verder onder de loep te nemen. We betrekken hierbij het model van Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López (2022), de formatieve toetscyclus van Gulikers en Baartman (2017) de vijf kernstrategieën voor formatief handelen van William & Leahy (2018), de vijf acties van Proev (2023) en andere literatuur om een omvattend beeld te krijgen van de didactische aanpak van formatief handelen. We nemen hierbij het perspectief in van de leraar als ontwerper van zijn/haar onderwijs.

3.2.2.1 Kernstrategie 1: Leerdoelen en succescriteria duidelijk maken, delen en begrijpen

De eerste kernstrategie om formatief te handelen gaat om ‘het duidelijk maken, delen en begrijpen van leerdoelen en succescriteria’. Om formatief te handelen is het van belang dat de doelen helder zijn, zowel voor de leraar als voor de leerlingen. Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López (2022) benoemen dit als ‘oriënteren en voorspellen’, wat betekent dat je als leraar een mentale stap inbouwt waarbij je bepaalt welk inhoudelijk doel je wil bereiken en je een voorspelling doet over het leerproces. Gulikers en Baartman (2017), en ook andere bronnen zoals Dolin, Black, Harlen, & Tiberghien (2018), voegen hieraan toe dat de verwachtingen dienen gedeeld te worden tussen de leraar en de leerlingen. Het is aan de leraar om bij het begin van het leerproces aan de leerlingen duidelijk te maken wat er van hen wordt verwacht, wat ze moeten leren begrijpen en waarom ze daartoe een bepaalde activiteit gaan doen. Het centraal plaatsen en op begrip brengen van de leerdoelstellingen vinden we ook terug bij Reynolds, O’Leary, Brown, & Costello (2020) en Dolin, Black, Harlen, & Tiberghien (2018). Zij geven ook aan dat het belangrijk is om de ontwikkelstappen te verhelderen en delen en de succescriteria te bespreken met de leerlingen (bv. aan welke criteria moet een goede presentatie voldoen?). Proev (2023) en Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López (2022) geven verder ook aan dat de leerlingen

kwaliteitsbesef moeten hebben om heldere verwachtingen te hebben. Om kwaliteitsbesef te ontwikkelen is het essentieel om met voorbeelden te werken die vergeleken kunnen worden en waarover de leerlingen en leraar in gesprek kunnen gaan met betrekking tot de kwaliteit van de voorbeelden.

3.2.2.2 Kernstrategie 2: Bewijs verzamelen van de leerresultaten

De tweede kernstrategie die Wiliam en Leahy (2018) naar voren schuiven is het verzamelen van bewijs van de leerresultaten. Het verzamelen van bewijs betekent dat het leren van de leerlingen zichtbaar gemaakt wordt. Gulikers en Baartman (2017) omschrijven dit in de formatieve toetscyclus als 'leerlingenreacties ontlokken en verzamelen'. In figuur 5, de vijf stappen van Kneyber, Sluismans, Devid, & López (2022), lezen we als stap 2 'nadenken en produceren', wat inhoudt dat je als leraar inzicht wil krijgen in het denkproces van de leerlingen. Bij Dolin, Black, Harlen, & Tiberghien (2018) lezen we dan ook dat een methode gekozen of ontworpen moet worden om gegevens te verzamelen over de prestatie van de leerlingen. Het denken, of het resultaat van dat denken, wordt waarneembaar gemaakt door 'iets' te produceren, zoals een geschreven antwoord, een keuze in een poll, een ontwerp-tekening... Op de website van Proev (2023) spreken ze over het doelgericht nagaan wat leerlingen kennen en kunnen en staan tal van methodieken die gebruikt kunnen worden om reacties te ontlokken en te verzamelen die het leren zichtbaar maken. De tweede kernstrategie sluit aan bij de eerste kernstrategie aangezien het verzamelde bewijs in functie staat van het leerdoel. Het verzamelde bewijs dient als informatie over waar de leerling staat ten opzichte van de verwachtingen (zie kernstrategie 1).

3.2.2.3 Kernstrategie 3: Feedback geven die het leerproces stimuleert

De derde kernstrategie betreft het geven van feedback die het leerproces stimuleert. De feedback sluit aan bij de leerdoelen en succescriteria (zie kernstrategie 1) en gebeurt op basis van het verzamelde bewijs van de leerresultaten (zie kernstrategie 2). Om gegrond feedback te geven die het leerproces stimuleert, is het dus belangrijk dat de feedback gebeurt op basis van de verzamelde bewijzen van leerresultaten en in functie van de leerdoelen staat.

Vandaar dat Gulikers en Baartman (2017) in hun formatieve toetscyclus dit als een expliciete fase benoemen, nl. 'reacties analyseren en interpreteren'. In deze fase gaat de leraar of de leerling aan de slag met de verzamelde informatie. Je analyseert de informatie en interpreteert die: wat kan een leerling al met betrekking tot leerdoelen? Wat kan een leerling nog niet met betrekking tot de leerdoelen? Zijn er misconcepties?

Het analyseren en interpreteren van de verzamelde informatie moet nauwgezet gebeuren. Zo geeft Bennett (2011) aan dat er verschillende redenen mogelijk zijn waarom een leerling een vraag fout beantwoordt (een slordigheid, een inhoudelijke misvatting, een procedurele fout ...). Proev (2023) verwijst in dit geval naar het belang van datageletterdheid in deze kernstrategie aangezien data op zich weinig zeggen. Een leraar die naar een dashboard kijkt, moet bijvoorbeeld weten wat al die getallen, kleurtjes en/of diagrammen betekenen. Je moet betekenis geven aan de data en dat kan op verschillende manieren (bv. door een leerlingcontact, een toets- of opdrachtanalyse, comparatief beoordelen ...). Bij Kneyber, Sluismans, Devid, & López (2022) valt deze kernstrategie binnen hun derde stap, namelijk: 'interpreteren, communiceren en beslissen'. Ze geven als voorbeeld dat het gebruiken van een wisbordje betekent dat een leraar snel een interpretatie moet geven aan wat hij/zij ziet.

Nadat het bewijs verzameld en geïnterpreteerd is, wordt feedback gegeven om het leerproces te stimuleren. Het geven van feedback sluit bij Gulikers en Baartman (2017) aan bij hun vierde fase, nl. het communiceren met leerlingen over hun resultaten. Het is opvallend dat het interpreteren en communiceren over resultaten twee aparte fases zijn bij Gulikers en Baartman (2017) terwijl dit bij

Wiliam en Leahy (2018) en Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López (2022) samen wordt genomen met de voorgaande kernstrategie of fase van het analyseren en interpreteren van de reacties. Zij spreken in hun derde stap immers over ‘interpreteren, communiceren en beslissen’, wat voor hen inhoudt dat de leraar de reacties van de leerlingen interpreteert, hierover in gesprek gaat met de leerlingen en dat er door hem/haar of door de leerlingen beslist wordt wat de vervolgactie is op basis van de verzamelde informatie. Gulikers en Baartman (2017) en Proev (2023) halen dit echter uit elkaar en zien het communiceren over resultaten in de vorm van feedback geven als een aparte, vierde fase binnen de didactische aanpak van formatief handelen.

Een mogelijke verklaring om het communiceren over resultaten als aparte fase op te nemen, kan zijn omdat effectieve feedback cruciaal is binnen formatief handelen omdat het leerlingen helpt begrijpen waar ze staan ten opzichte van hun leerdoelen en hoe ze hun prestaties kunnen verbeteren (Wiliam & Leahy, 2015). Om tot een beter onderbouwde vervolgactie te kunnen komen, is het belangrijk dat leerlingen feedback krijgen die ze begrijpen en waarmee ze effectief aan de slag kunnen gaan. Bij Wiliam (2016) lezen we dat het enige belangrijke met betrekking tot feedback datgene is wat de leerlingen ermee doen. Hij geeft ook aan dat er geen enkele zekerheid is dat leerlingen aan de slag gaan met feedback, maar dat bepaalde vormen van feedback meer kans maken op slagen in dit opzet dan andere.

Hattie en Timperley (2007) wijzen immers op de positieve resultaten van het driedelige proces van feedup, feedback en feedforward. Deze vorm van feedback legt nadrukkelijk de link met de leerdoelen, wat noodzakelijk is om het leren van de leerlingen te verbeteren (Reynolds, O’Leary, Brown, & Costello, 2020). Sluijsmans en Segers (2018) concretiseren deze feedbackcyclus als volgt vanuit de ik-persoon (i.e. de leerling):

- *Feedup refereert aan de verwachte prestatie.*
Waar werk ik naartoe?
- *Feedback heeft betrekking op de tot dan toe geleverde prestatie.*
Waar sta ik nu?
- *Feedforward duidt aan wat moet ondernomen worden.*
Hoe ga ik nu verder?

Wanneer feedback wordt gegeven is het noodzakelijk om steeds het uiteindelijke doel voor ogen te houden, namelijk het verbeteren van het leren (Reynolds, O’Leary, Brown, & Costello, 2020). Feedback kan gegeven worden op vier niveaus: de taak, het proces, de zelfregulatie en de persoon. Uit de meta-analyse van Hattie en Timperley (2007) blijkt dat aandacht voor het proces- en zelfregulatieniveau de grootste leeropbrengst oplevert, omdat dit het denkproces en daarmee het leerproces van de leerling stimuleert. Beperkte feedback gericht op de taak kan ook zinvol zijn, maar feedback die zich richt op de persoon wordt over het algemeen afgeraden, aangezien de link met de leerdoelen dan ontbreekt.

De feedforward verwijst naar een vervolgactie die ondernomen moet worden. Die vervolgactie is de vijfde fase binnen het model van Gulikers en Baartman (2017). In die vervolgactie kunnen ook aanpassingen gebeuren in instructies, werkvormen, inhouden ... om bepaald (leer)gedrag verder te stimuleren. Leraren kunnen gerichte interventies en aanpassingen aanbrengen om het leerproces van de leerlingen beter te ondersteunen en te optimaliseren door bijvoorbeeld andere werkvormen in te zetten, extra concreet materiaal te voorzien... Het is echter even goed ook mogelijk dat leerlingen zichzelf of elkaar bijsturen hiervoor (zie kernstrategie 4 en 5).

3.2.2.4 Kernstrategie 4: Leerlingen activeren als leerbron voor elkaar

De vierde kernstrategie betreft het activeren van leerlingen als leerbron voor elkaar. Het gaat erom dat leerlingen kunnen leren van elkaar via bijvoorbeeld opdrachten waarbij wordt samengewerkt of door

elkaars werk te bekijken en feedback te geven aan elkaar. Deze kernstrategie wordt in geen enkel ander model expliciet benoemd. Dit betekent echter niet dat de andere modellen daar geen aandacht voor hebben. Guliker en Baartman (2017) verwijzen bijvoorbeeld expliciet naar het bieden van structuur aan peer-assessment waarbij de leerlingen als leerbron geactiveerd worden voor elkaar. Er wordt doorheen de andere modellen ook verwezen naar bijvoorbeeld het voeren van klasgesprekken of leerlingen samen laten brainstormen om informatie te verzamelen. De succescriteria kan ook samen met de leerlingen vastgelegd worden waardoor ze ook tijdens die kernstrategie als leerbron voor elkaar geactiveerd kunnen worden. Bij Proev (2023) wordt ook doorheen de acties verwezen naar werkvormen om de leerlingen te activeren als leerbron voor elkaar. Zo geven ze bijvoorbeeld aan dat leerlingen feedbackgenerators kunnen zijn of dat er peerfeedback gegeven kan worden.

3.2.2.5 Kernstrategie 5: Leerlingen stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn

De vijfde kernstrategie van Wiliam en Leahy (2018) geeft aan dat er ingezet moet worden op het stimuleren van leerlingen om eigenaar van hun leerproces te zijn. Dit betekent dat leerlingen kansen moeten krijgen om zelf hun leerproces in handen te nemen en te sturen door bijvoorbeeld bepaalde keuzes te kunnen maken, door zelf feedforward te formuleren ... Net zoals bij de vorige kernstrategie komt dit niet expliciet aan bod in de andere modellen van formatief handelen. Dit betekent opnieuw niet dat het daarom niet aanwezig is maar het zit terug verweven in de andere fasen, stappen of acties. Zo verwijzen Guliker en Baartman (2017) expliciet naar het bieden van structuur aan selfassessment waardoor ze leerlingen meer eigenaarschap geven aangezien de leerlingen bij selfassessment zichzelf leren inschatten en beoordelen. Ook tijdens het bepalen van de vervolgactie kunnen leerlingen zichzelf (of elkaar) bijsturen door aan de slag te gaan met feedback, een ander plan van aanpak te kiezen, extra instructie te volgen ... Op de website van Proev (2023) vinden we ook verschillende methodieken terug om de leerlingen te stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn (bv. de leerling als feedbackzoekers of zelfreflectie en zelffeedback).

3.3 Onderzoekend leren en formatief handelen vormen een goede match voor STEM-onderwijs

In de literatuur blijkt dat onderzoekend leren en formatief handelen een goede match vormen voor STEM-onderwijs (Peterson & Hipple, 2020). Bij Reynolds, O'Leary, Brown en Costello (2020) lezen we bijvoorbeeld dat formatief handelen een meerwaarde kan betekenen voor de inhoudelijke prestaties van leerlingen binnen STEM, evenals voor hun zelfregulatie en motivatie. Kneyber, Sluijsmans, Devid, & López (2022) onderschrijven dit en geven aan dat het bijbrengen van kwaliteitsbesef, als één van de strategieën binnen formatief handelen, nog belangrijker wordt bij complexe opdrachten die beroep doen op hogere orde vaardigheden zoals het geval is bij STEM-onderwijs. In wat volgt belichten we eerst drie redenen om formatief handelen toe te passen binnen STEM-onderwijs om vervolgens didactisch de link te leggen tussen onderzoekend leren en formatief handelen. Op die manier expliciteren we hoe formatief handelen binnen de didactiek van onderzoekend leren in STEM-onderwijs kan plaatsvinden.

3.3.1 Inhoudelijke redenen

Een eerste reden om formatief handelen toe te passen binnen STEM-onderwijs is inhoudelijk van aard. Uit de literatuurstudie van onderzoekend leren zoals omschreven in het vorige deel blijkt immers dat STEM-vaardigheden, zoals voorspellen, analyseren, observeren, reflecteren... niet in één moment zijn aan te leren maar dat leerlingen er zich geleidelijk aan in bekwamen op langere termijn. Om de leerling hierin gepast te ondersteunen, is het bijgevolg van belang om zicht te krijgen op het actuele beheersingsniveau en de uitdagingen waarmee de leerling nog worstelt om daarop verder te bouwen.

De fases en strategieën van formatief handelen zijn hierbij interessant omdat dit handvaten geeft aan leraren om dat leerproces van de STEM-vaardigheden van leerlingen in kaart te brengen en bij te sturen. Zo helpt bijvoorbeeld de tweede kernstrategie van formatief handelen, bewijs verzamelen van de leerresultaten, om de STEM-vaardigheden in kaart te brengen.

Een tweede reden om formatief handelen te integreren binnen STEM-onderwijs is omwille van de kansen om het zelfregulerend leren van de leerlingen te versterken. Formatief handelen is immers een proces dat niet enkel gericht is op het zelfstandig leren verwerken van inhoud, maar ook de focus legt op het helpen van de leerlingen om eigenaarschap over hun eigen leerproces te krijgen, zoals blijkt uit de kernstrategieën van formatief handelen (William & Leahy, 2018). Tijdens STEM-activiteiten wordt de didactiek van het onderzoekend leren toegepast, een didactiek die inherent een bepaalde mate van zelfsturing verwacht (Cowie & Harrison, 2020).

Tot slot kan ook de motivatie aangekaart worden als reden om formatief handelen te integreren binnen STEM-onderwijs. Devid & Kneyber (n.d.) wijzen ook op de meerwaarde van formatief handelen voor de motivatie van leerlingen via succeservaringen, bijvoorbeeld door ook aandacht te schenken aan de

resultaten van medeleerlingen. Hierbij werkt het voor de leerlingen ook motiverend dat via het formatief handelen telkens iets meer uitdaging aangeboden wordt in de opdrachten. Binnen STEM-onderwijs worden leerlingen geconfronteerd met complexe opdrachten. Door tussentijdse succeservaringen te beleven die ingebouwd worden via het formatief handelen, kan de motivatie voor complexe STEM-opdrachten verhogen.

3.3.2 Didactische raakvlakken

We schetsten aan de hand van drie redenen waarom formatief handelen, gelinkt aan de didactiek van onderzoekend leren, interessant is voor STEM-onderwijs. In de didactiek van onderzoekend leren en in het proces van formatief handelen zitten een aantal raakvlakken op didactisch niveau. In wat volgt expliciteren we deze raakvlakken en belichten we hoe ze elkaar mogelijk kunnen versterken.

Wanneer we het model van onderzoekend leren en de kernstrategieën van formatief handelen naast elkaar leggen, kunnen de raakvlakken tussen beide didactische modellen gevisualiseerd worden. Er zijn twee pijlers van het onderzoekend leren die een duidelijk verband houden met de kernstrategieën van formatief handelen, namelijk het stellen van denk- en doevragen en het stimuleren van reflectie en interactie (Figuur 9).



Figuur 9 De vier pijlers van onderzoekend leren in relatie tot de vijf kernstrategieën van formatief handelen

3.3.2.1 *Denk- en doe vragen*

Denk- en doe vragen staan in de huidige didactiek vaak in dienst van het onderzoeks- en ontwerpproces. De focus ligt bij deze pijler op het stellen van vragen die de leerlingen prikkelen en ondersteunen doorheen hun proces van onderzoeken, ontwerpen, optimaliseren en het toepassen van wiskunde. Dit betekent dat leraren vragen stellen die leerlingen aanzetten om aan te geven wat er onderzocht/ontworpen moet worden, en hierbij een geschikte oplossingsmethode te kiezen en deze toe te passen in functie van de probleemstelling. Typerend voor de vraagstelling is dat ze de leerlingen moet aanzetten tot actie in de vorm van denken én doen, waarbij de leerlingen hun STEM-vaardigheden worden gestimuleerd (Vervaeke, 2020).

In het licht van formatief handelen kunnen denk- en doe vragen als middel gezien worden om informatie te verzamelen over waar de leerlingen nu staan (kernstrategie 2 formatief handelen), om feedback te geven en kunnen deze vragen ook aangepast worden in functie van de vervolgacties die moeten ondernomen worden (kernstrategie 3 formatief handelen). Dit gebeurt voortdurend doorheen een STEM-activiteit. Als leraar stap je immers mee in het onderzoek- en ontwerpproces van de leerlingen waarbij je hen observeert en je voortdurend afvraagt of en hoe je moet begeleiden en bijsturen. Er wordt gesproken over 'wikken en wegen': een voortdurende evenwichtsoefening die je als leraar maakt om de leerlingen optimaal te begeleiden doorheen het onderzoeks- en ontwerpproces (Vervaeke, 2020).

In de eerste plaats staat deze evenwichtsoefening van wikken en wegen in functie van het inhoudelijk stimuleren van de leerlingen, met name het bevorderen van hun STEM-vaardigheden. We stellen als leraar bijvoorbeeld vragen om de leerlingen aan te zetten tot het verwoorden en interpreteren van hun observaties, om van daaruit hun ontwerp te willen verbeteren, een onderzoeksoepzet te bedenken en hierbij voorspellingen te maken. Leraren geven echter aan dat ze hierover vaak nog twijfelen: Welke vragen stel ik? Wat mag ik al prijsgeven? Welke verwachtingen mag ik stellen? En wanneer doe ik dit? ... (Vervaeke, 2020).

Het stellen van denk- en doe vragen vanuit de raakvlakken met de kernstrategieën van formatief handelen is ook belangrijk in relatie tot het zelfregulerend leren van de leerlingen en hun motivatie (kernstrategie 5 van formatief handelen). De beschreven evenwichtsoefening houdt immers ook verband met beide zaken. Geef je als leraar te veel suggesties, stel je te veel vragen... dan kan het initiatief van de leerlingen verzwakken. Geef je te weinig feedback, stel je onvoldoende vragen... dan kunnen leerlingen te veel moeilijkheden ervaren. Beide situaties leiden tot motivatieverlies (Vervaeke, 2020).

3.3.2.2 *Reflectie en interactie*

De tweede pijler die duidelijke raakvlakken heeft met formatief handelen is reflectie en interactie. STEM-activiteiten zetten leerlingen aan tot dialoog over hun ideeën, verwachtingen, bevindingen... en reflectie over wat ze doen en denken voor, tijdens en na het onderzoek- en ontwerpproces. Dit alles stimuleer je als leraar in de eerste plaats door vragen te stellen die de leerlingen aanzetten tot verwoorden en argumenteren (Vervaeke, 2020). Er is dus een duidelijke link met de pijler 'denk- en doe vragen' maar bij de pijler 'reflectie en interactie' staat ook heel nadrukkelijk het idee van samenwerken en communiceren voorop (kernstrategie 4 van formatief handelen).

Doorheen een STEM-activiteit zet je als leraar in op interactie tussen jezelf en de leerlingen, en tussen de leerlingen onderling (kernstrategie 4 van formatief handelen). Deze interactie staat vaak in het teken van evaluatie en reflectie. In het geval van evaluatie gaat het over een kritische blik werpen op (tussentijdse) resultaten, bevindingen, realisaties... doorheen het onderzoeks- en ontwerpproces dat de leerlingen doorlopen. Dit gebeurt in relatie tot de voorliggende probleemstelling, waarbij de

leerlingen wijzen op beperkingen bij hun resultaten, hun product... en verbeteringen voorstellen (Vervaet, 2020). In het geval van reflectie staat het proces centraal, wat betekent dat de leerlingen stilstaan bij hun denken en doen. Er wordt dan verwacht dat de leerlingen aangeven hoe ze te werk zijn gegaan, en waarom dat het geval is. De zoektocht naar oplossingen voor het voorliggende probleem wordt in vraag gesteld. De leerlingen verwoorden hierbij wat goed verliep, of net niet, wat ze fijn of moeilijk vonden, wat hen blijft en wat ze nooit meer zullen vergeten, wat ze de volgende keer anders willen, of helemaal niet... (Vervaet, 2020).

Zo kan er bijvoorbeeld worden gereflecteerd op wat de verwachtingen betekenen voor de leerlingen maar het is evengoed ook mogelijk om de leerlingen in interactie te laten gaan met elkaar over de verwachtingen (kernstrategie 1 en kernstrategie 4 van formatief handelen). Deze interacties en reflecties worden bijgevolg ontlokt en verzameld door bijvoorbeeld de leraar (kernstrategie 2 van formatief handelen). Op basis van die verzamelde interacties en reflecties, kan je vervolgens gerichte feedback geven aan de leerlingen (kernstrategie 3 van formatief handelen). Op basis van die gerichte feedback kunnen leerlingen dan terug verder aan de slag (kernstrategie 5 van formatief handelen).

Via ideeën, meningen, bevindingen, ervaringen... die gedeeld worden, wordt het onderzoeks- en ontwerpproces van de leerlingen opgebouwd en kunnen hun STEM-vaardigheden worden gestimuleerd. Wanneer leerlingen hun gedachten en handelingen onder woorden proberen te brengen, worden ze zich bewuster van het eigen denken en handelen en dat van anderen (kernstrategie 4 formatief handelen; (Dejonckheere, Vervaet, & Van De Keere, 2016). Ook als leraar kan je hierdoor een (beter) beeld krijgen van het leerproces van de leerlingen.

3.4 Inzet van educatieve technologie

Uit de voorgaande hoofdstukken vloeit een logische integratie van formatief handelen en onderzoekend leren voort binnen het STEM-onderwijs. De integratie brengt echter ook de nodige complexiteit met zich mee. De leraar moet namelijk tijdens het STEM-onderwijs rekening houden met zowel de vier pijlers van onderzoekend leren als de vijf kernstrategieën van formatief handelen. Bovendien vraagt formatief handelen om het verzamelen van informatie of bewijs van het leren van de leerlingen waarop de leraar zich dan kan baseren om het verdere leren van de leerlingen te ondersteunen maar dat is niet zo evident met betrekking tot STEM-vaardigheden zoals bv. voorspellen, plannen, verwonderen ...

Om de leraar in deze veelheid en complexiteit aan verwachtingen te ondersteunen kan educatieve technologie ingezet worden. Educatieve technologie krijgt immers in steeds meer onderwijspraktijken een plaats in het ontwerpen en realiseren van krachtige leeromgevingen. Binnen STEM-onderwijs zijn er dan ook verschillende mogelijkheden om educatieve technologie te integreren (Devlieger, et al., 2024; Jeskova, et al., 2022; Looney, 2019). In wat volgt lichten we vanuit twee problemen toe hoe educatieve technologie ondersteunend kan werken.

Een eerste probleem is dat STEM-opdrachten betrekking hebben op hogere-ordevaardigheden die zich ontwikkelen op lange termijn en vaak moeilijk meetbaar zijn zoals bijvoorbeeld aan voorspellen, plannen, verwonderen... (Dejonckheere, Vervaet, & Van De Keere, 2016). Educatieve technologie biedt de mogelijkheid om het leerproces van deze hogere-ordevaardigheden zichtbaar te maken voor leraren aan de hand van data over het leren van de leerlingen. Het meten, verzamelen, analyseren en rapporteren van deze data om het leerproces beter te begrijpen en te optimaliseren noemen we *learning analytics* (Long & George, 2011). Hoewel learning analytics veel potentieel heeft door gebruik te maken van big data technieken zoals *predictive modelling*, *social network analysis*, *usage tracking*... (Clow, 2013) en vaak gecombineerd wordt met het gebruik van *learning dashboards* (Schwendimann, et al., 2017), valt het specifieke gebruik ervan buiten de scope van dit onderzoek.

Een tweede probleem is dat het voor de leraar veel en complex wordt om STEM-onderwijs te geven vanuit de vier pijlers van onderzoekend leren en de kernstrategieën van formatief handelen. Om de leraar in deze veelheid en complexiteit te ondersteunen kan educatieve technologie gebruikt worden. Devlieger, et al. (2024) tonen aan de hand van voorbeelden, die uitgewerkt werden in teacher design teams, aan hoe educatieve technologie ingezet kan worden om het STEM-onderwijs te versterken. Gebaseerd op de uitgewerkte voorbeelden van Devlieger, et al. (2024) en verder bouwend op de vier pijlers van onderzoekend leren volgt hieronder hoe educatieve technologie ingezet kan worden binnen STEM-onderwijs.

De eerste pijler is het centraal stellen van betekenisvolle contexten, waarbij een digitale verrijking de nieuwsgierigheid van leerlingen kan prikkelen (bv. filmfragmenten, een filmpje van de sprekende klaspop via Chatterpix, gebruik maken van een green screen). De tweede pijler is het systematisch onderzoeken bij het oplossen van STEM-problemen. Hiertoe kunnen gedifferentieerde leerpaden opgezet worden (bv. met applicaties zoals Nearpod of Wise), en ook elementen van computationeel denken geïntegreerd worden (bv. via Scratch). De derde pijler legt de nadruk op het begeleiden door de leraar via het stellen van denk- en doevragen (bv. ingebouwd in een leerpad, via interactieve video's). De vierde pijler focust op interactie en reflectie tussen de leraar en leerlingen maar ook tussen leerlingen onderling (bv. door een digitale quiz toe te voegen, een online brainstorm te houden...).

Naast deze ondersteuning van educatieve technologie in het STEM-onderwijs vanuit de vier didactische pijlers van onderzoekend leren, zijn er ook mogelijkheden van educatieve technologie om het formatief handelen van de leraar te ondersteunen (e.g. Cusi, Morselli, & Sabena, 2017; Kaya-Capocci, O'Leary, & Costello, 2022; Panero & Aldon, 2016). We tonen dit opnieuw aan vanuit de eerder beschreven vijf fases van formatief handelen (Gulikers & Baartman, 2017). De eerste fase is het verhelderen van de verwachtingen ofwel het geven van feed-up (bv. de leerdoelen concreet maken aan de hand van voorbeelden in een digitaal leerpad of een online brainstorm doen over het leerdoel). De tweede fase is het ontlokken en verzamelen van reacties door bijvoorbeeld op cruciale momenten vragen te stellen tijdens een video (interactieve video) of door leerlingen foto's te laten posten of doorsturen. De derde fase is het analyseren en interpreteren van de reacties (bv. aan de hand van een learning dashboard). De vierde fase is het communiceren over de resultaten ofwel het geven van feedback (bv. geautomatiseerde feedback is mogelijk op basis van de antwoorden van de leerlingen). De vijfde fase bestaat uit het ondernemen van vervolgacties ofwel het geven van feedforward (bv. een extra instructievideo voorzien of via een adaptief leerpad andere oefeningen voorzien).

Uit voorgaande delen blijkt dat educatieve technologie op meerdere manieren ondersteunend kan werken voor de leraar in de klaspraktijk. Uit onderzoek van Feldman en Capobianco (2008) en Beatty, Gerace, Feldman en Leonard (2008) blijkt dat technologie-ondersteund formatief handelen samengaat met veranderingen in de didactiek en pedagogie van leraren op de volgende vijf gebieden: het gebruik van de technologie, (op)stellen van vragen, klasgesprek begeleiden, begrijpen en aanpassen aan (het leerproces van) hun leerlingen en TOFH integreren in de context met alle andere zorgen op school (p. 21). Dit betekent dat de educatieve technologie die ingezet wordt ter ondersteuning van het leerproces van de leerlingen niet zomaar een middel is dat wordt ingezet. Het beïnvloedt en verandert immers wat een leraar doet in de klaspraktijk. Als bijvoorbeeld de instructie door de ondersteunende technologie wordt gegeven, betekent dat dat er ruimte vrij komt voor de leraar om iets anders te doen (bv. observeren, organisatorische ingrepen doen, begrip van instructie nagaan...). Verbeek (2019) spreekt in dit geval over de technologie als *“technische mediatie” of “technische bemiddeling” [omdat] technologieën de ervaringen en praktijken van mensen [bemiddelen]*” (p. 38). Deze bemiddelende rol van de technologie vindt volgens Verbeek (2014) plaats tussen de mens en de wereld en heeft twee dimensies:

“Enerzijds geeft technologie vorm aan de manier waarop mensen in hun wereld aanwezig zijn, door te bemiddelen hoe mensen handelen en hun bestaan inrichten. Anderzijds geeft technologie vorm aan de manier waarop de wereld voor mensen aanwezig is, door menselijke waarnemingen en interpretaties te bemiddelen. Technologische mediatie heeft dan altijd betrekking op menselijke handelingen en waarnemingen, praktijken en ervaringen.” (pp. 66-67)

Hoewel de bemiddelende rol van technologie zoals voorgesteld door Verbeek (2014, 2019) wordt uitgewerkt vanuit de techniekfilosofie, vindt deze benadering ook al ingang binnen onderwijsonderzoek. De bemiddelende rol van technologie sluit immers aan bij wat Decuypere (2020) de werkzaamheid van de technologie noemt. Decuypere (2020) illustreert deze werkzaamheid aan de hand van onderzoek naar afstandsonderwijs waaruit blijkt dat afstandsonderwijs iets doet met de onderwijsvorm, de vorm van leren, de vorm van professionaliteit en de pedagogische vorm. Door die veranderingen in vorm (van onderwijs, leren, professionaliteit en pedagogiek) verandert het handelen van de leraren. Acties ondernemen als leraar in een afstandsonderwijscontext is immers anders dan acties ondernemen in een reguliere onderwijscontext. Deze veranderingen in handelen omwille van het gebruik van educatieve technologie blijkt ook uit internationaal onderzoek (e.g. Feldman & Capobianco, 2008; Hooker, 2017). Ook Vlieghe (2024) spendeert een hoofdstuk aan wat educatieve technologie (de digitalisering) betekent aan veranderingen voor het onderwijs, de klaspraktijk, de leerling en het leraarschap (bv. als een PowerPoint verschijnt, is dat anders dan een bordschema dat wordt opgebouwd met zorg). Hij sluit met dat hoofdstuk ook naadloos aan bij de bemiddelende rol van technologie in onderwijs.

3.5 Slot

Alvorens we in een volgend deel de methode beschrijven, vatten we graag nog even kort de voornaamste inzichten uit de vorige delen samen.

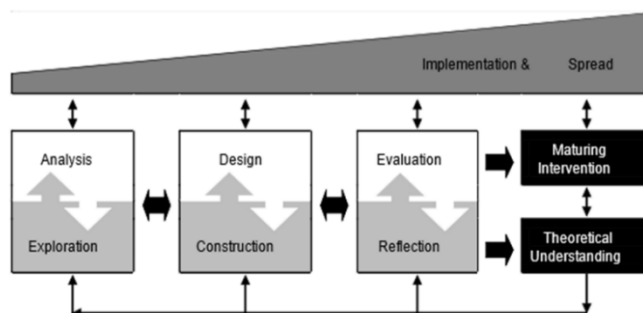
We startten met de aanleiding van het onderzoeksproject te schetsen door te verwijzen naar ervaringen uit vorige STEM onderzoeksprojecten waaruit blijkt dat het (formatief) evalueren niet zo evident is. Vandaar dat we educatieve technologie willen inzetten om dit leerproces zichtbaar te maken zodat het evalueren onderbouwd kan gebeuren maar ook om leerlingen en leraren te ondersteunen. Dit bracht ons tot volgende onderzoeksvraag: Hoe kan STEM-onderwijs vormgegeven worden aan de hand van formatief handelen en met behulp van educatieve technologie zodat de STEM-vaardigheden van leerlingen (2^e-3^e graad lager onderwijs) in kaart worden gebracht?

In het onderzoeksproject en de onderzoeksvraag staan drie concepten centraal: STEM-onderwijs, formatief handelen en educatieve technologie. Deze drie concepten vormden de focus van de literatuurstudie die diende om conceptuele onderbouwing en duidelijkheid te scheppen in het verdere ontwerp- en onderzoeksproces. Het STEM-onderwijs vulden we in vanuit de didactiek van onderzoekend leren, het formatief handelen bespraken we vanuit vijf kernstrategieën en bij de educatieve technologie zoomden we dieper in op de bemiddelende rol van technologie.

4 Methode (dataverzameling en data-analyse)

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden en de doelstellingen van dit project te bereiken, wordt gebruik gemaakt van Educational Design Research (EDR, zie Figuur 10) als onderzoeksoptzet zoals beschreven door McKenney en Reeves (2012). EDR is geschikt voor het ontwikkelen van innovatieve onderwijspraktijken in authentieke contexten. De sterkte van deze benadering ligt in de nauwe wisselwerking tussen praktijk en theorie, waarbij onderzoekers en andere partners (zoals bv. leraren) in co-creatie zoeken naar oplossingen voor complexe onderwijsvraagstukken.

Het EDR-model van McKenney en Reeves (2012) onderscheidt drie cyclische fasen: analyse en exploratie, ontwerp en constructie, en evaluatie en reflectie (figuur 10). In de analyse- en exploratiefase wordt het probleem grondig verkend: de context wordt geanalyseerd, behoeften van betrokkenen worden in kaart gebracht en relevante theoretische kaders worden bestudeerd. Op basis van deze inzichten worden in de ontwerp- en constructiefase voorlopige ontwerpprincipes en concrete interventies ontwikkeld. Deze worden vaak iteratief getest en bijgesteld in samenwerking met leraren of andere onderwijsprofessionals. De evaluatie- en reflectiefase focust op het onderzoeken van de bruikbaarheid van het ontwerp. De resultaten uit deze fase leiden doorgaans tot verfijning van zowel het product als de onderliggende ontwerpprincipes. Doorheen deze drie fasen is er een groeiende aandacht voor implementatie en verspreiding. EDR is een iteratieve en contextgevoelige onderzoeksmethode waarin empirische bevindingen voortdurend terugvloeien naar het ontwerp. Door deze cyclische aanpak ondersteunt EDR de ontwikkeling van duurzame, praktijkgerichte innovaties die bruikbaar zijn.



Figuur 10 Educational Design Research (McKenney & Reeves, 2012)

Aangezien de kracht van EDR ligt in het samenwerken met partners starten we met de partners te beschrijven die deelnamen aan dit onderzoeksproject. We onderscheiden verschillende partners.

Soort partner	Naam organisatie	Extra info
Ontwerp- en valorisatiepartner	VRT	De dienst VRT Educatie ontwerpt regelmatig EDUboxen voor het secundair onderwijs. Voor het ontwerpen en verder verspreiden van deze EDUbox energie voor het lager onderwijs hielpen Fran De Vriese, Tim van Lier, Quinten Mares en Ineke Van Dyck
Ontwerp- en valorisatiepartner	Brightlab	Brightlab wil jongeren klaarstomen voor STEM-onderwijs en voorziet daartoe onder andere navormingen voor leraren. Vanuit Brightlab was Lara Schallenbergh een klankbord tijdens het ontwerpproces en zorgt ze voor een verdere verspreiding van de EDUbox.

Praktijkpartner	Basisschool Sint-Jozef Kortrijk	Twee leraren namen deel aan het project door de EDUbox tweemaal te testen in hun klas en feedback te geven. Dit was in het vijfde en zesde leerjaar.
Praktijkpartner	VBS De Watermolen Heule	Drie leraren namen deel aan het project door de EDUbox tweemaal te testen in hun klas en feedback te geven. Dit was in het derde, vierde en zesde leerjaar.
Praktijkpartner	Gemeenteschool Zwevegem – Vestiging Groene Kouter	Drie leraren namen deel aan het project door de EDUbox tweemaal te testen in hun klas en feedback te geven. Dit was in het vierde en vijfde leerjaar.

4.1 Analyse- en exploratiefase

In de analyse- en exploratiefase staat het grondig verkennen van het probleem centraal. Om te starten kwam het probleem op ons pad doorheen ervaringen met eerdere STEM-projecten. Doorheen die andere STEM-projecten botsten we regelmatig op de vraag hoe je STEM-onderwijs precies kan evalueren. Daarnaast stelden we in andere STEM-projecten (bv. [DIGISTEM](#)) vast dat educatieve technologie dankbaar gebruikt kan worden om het STEM-onderwijs didactisch te faciliteren.

Vanuit die eerdere ervaringen hebben we het conceptueel kader opgesteld en afgebakend tot drie concepten: onderzoekend leren als didactiek voor STEM-onderwijs, formatief handelen en educatieve technologie. Deze drie concepten vormden de focus voor de literatuurstudie waarbij we gericht op zoeken gingen naar een aantal onderzoekartikels die verdieping gaven omtrent die drie concepten. Op basis daarvan bakenden we de literatuurstudie af tot een aantal onderzoekartikels waarmee we verder verdiepend aan de slag gingen. Voor onderzoekend leren als didactiek voor STEM-onderwijs is dat het werk van o.a. Dejonckheere, Vervaeke, en Van De Keere (2016). Voor formatief handelen is dat het werk van o.a. Wiliam en Leahy (2018). Voor educatieve technologie is dat het werk van o.a. Verbeek (2014, 2019). De resultaten van de literatuurstudie vind je terug bij hoofdstuk 3 'conceptueel kader' van dit onderzoeksrapport.

Parallel met de literatuurstudie en vanuit onze eerdere ervaringen met STEM-projecten kwam al vrij snel een samenwerking tot stand met verschillende partners. In eerste instantie hadden we gesprekken met VRT. VRT heeft een dienst educatie die onder andere EDUboxen ontwikkelt en verspreidt voor het secundair onderwijs. De EDUboxen zijn digitale leerpaden die leraren met hun leerlingen kunnen doorlopen en die aansluiten bij actuele thema's. Zo had VRT al een EDUbox gemaakt rond energie voor het secundair onderwijs. Vanuit dit onderzoeksproject sloten we aan bij dit thema van de EDUbox waarbij een verdere uitwerking naar het lager onderwijs nodig was. Hierbij hebben we de EDUbox ook vormgegeven vanuit onderzoek en onderzochten we de werking van deze specifieke EDUbox.

Vanuit eerdere samenwerkingen tussen VRT en Brightlab, werd Brightlab van bij de start van het onderzoeksproject ook betrokken bij het ontwikkelen van de EDUbox energie voor het lager onderwijs. Brightlab heeft ook expertise in het ontwikkelen van educatief STEM-materiaal voor het onderwijs waardoor hun expertise en netwerk ook goed van pas kwam.

Naast de gesprekken met VRT en Brightlab, hadden we ook verkennende gesprekken met drie basisscholen. We schreven deze drie basisscholen gericht aan vanuit eerdere samenwerkingen maar ook vanuit hun specifieke ervaringen met betrekking tot bijvoorbeeld STEM-onderwijs of omgaan met een diverse leerlingpopulatie. Bovendien kozen we voor drie scholen die geografisch dicht bij elkaar liggen zodat we doorheen het onderzoeksproject vlot naar de scholen konden gaan maar ook zodat de deelnemende leraren vlot tot bij ons konden komen voor info- en vormingsessies binnen dit onderzoeksproject.

Om de analyse- en exploratiefase af te sluiten, toetsten we de opgedane inzichten af bij een expertisegroep. Deze expertisegroep bestond uit mensen met verschillende expertise in ofwel STEM-onderwijs, ofwel educatieve technologie ofwel formatief handelen. De expertisegroep kon vanuit hun expertise bijsturen indien nodig en verder helpen met het probleem te analyseren en verkennen.

4.2 Ontwerp- en constructiefase

De ontwerp- en constructiefase bestond uit twee grote fasen gespreid over de twee projectjaren. In het eerste projectjaar werd een eerste versie van de EDUbox ontwikkeld via Genial.ly. Deze prototypeversie werd geëvalueerd en bijgestuurd (zie evaluatie- en reflectiefase) om in het tweede projectjaar de effectieve EDUbox te ontwerpen. Bij het ontwerpen van de finale versie van de EDUbox werd rekening gehouden met de feedback uit de eerste versie van de EDUbox via Genial.ly. We lichten deze twee fasen hier uitgebreider toe.

4.2.1 Projectjaar 1

Gezien de samenwerking met VRT lag al snel vast dat het ontwerp zou aansluiten bij de EDUbox Energie voor het secundair onderwijs van VRT. Vanuit de analyse- en exploratiefase sleutelden we verder aan deze EDUbox zodat het zou aansluiten bij de ontwerpprincipes die we uit de literatuurstudie hebben gehaald.

Vanuit de didactiek van onderzoekend leren integreerden we het hands-on werken in de EDUbox waarbij leerlingen iets moeten ontwerpen volgens een aantal gegeven ontwerpcriteria. Vanuit de inzichten met betrekking tot formatief handelen, integreerden we ook momenten om het leren zichtbaar te maken door bewijs van leren te verzamelen waarop leraren feedback kunnen geven. We integreerden het formatief handelen door de vijf kernstrategieën te integreren in het ontwerp. Rekening houdend met de doelgroep lager onderwijs in plaats van secundair onderwijs, werkten we zoveel mogelijk concreet en probeerden we aan te sluiten bij de leefwereld aan de hand van de integratie van personages (Zuri, nonkel Remco, verschillende gezinnen ...).

Hoewel de educatieve technologie finaal een EDUbox is, werkten we in een eerste ontwerpfase binnen Genial.ly. Genial.ly is een toegankelijke en gebruiksvriendelijke webapplicatie waarmee je onder andere een leerpad kan maken. We bouwden de prototype versie van de EDUbox uit in Genial.ly waarbij we rekening hielden met de opbouw en functionaliteiten van een EDUbox zodat de aanpassing van Genial.ly naar EDUbox vlot kon verlopen.

Nadat een eerste versie van de EDUbox was gemaakt in Genial.ly, verzamelden we de deelnemende leraren voor een vormingsmoment. We lichtten de EDUbox (in Genial.ly) en de achterliggende principes toe maar vroegen ook feedback aan hen over het eerste ontwerp van de eerste versie van de EDUbox. Op basis van die feedback deden we nog heel wat aanpassingen (bv. minder talig maken en visueel aantrekkelijker maken).

Nadat de feedback van de leraren was herwerkt, konden de leraren ermee aan de slag in de klas. In de evaluatie- en reflectiefase verzamelden we verder feedback om de ontwerp- en constructiefase in het tweede projectjaar verder vorm te geven. We beschrijven de gebruikte onderzoeksmethoden hiervoor in het volgend deel bij evaluatie- en reflectiefase.

4.2.2 Projectjaar 2

Nadat de leraren de eerste versie in Genial.ly hebben uitgetest in hun klas waarbij wij als onderzoekers aanwezig waren, gingen we in het tweede projectjaar aan de slag met de feedback over de EDUbox dat we verkregen via observaties en interviews (zie evaluatie- en reflectiefase). We pasten hierbij heel wat zaken aan. Zo bleek bijvoorbeeld dat het volledig digitaal werken lastig is voor leerlingen en dat het

beter is om een aantal zaken ook op papier vast te zetten. Doorheen de EDUbox voegden we ook een aantal STOP-momenten toe waarbij de leerlingen even moesten stoppen en hun leraar erbij halen.

Nadat de feedback werd toegepast en de prototypeversie van de EDUbox in Genial.ly was omgezet naar de effectieve EDUbox, hielden we nog een vormings- en feedbackmoment met de leraren. De leraren blikten samen terug op het afgelopen projectjaar en deelden hun ervaringen. De focus hierbij lag op de principes van formatief handelen en de STEM-vaardigheden: in welke mate komen deze aan bod in de EDUBOX? Waar zijn nog kansen? Vervolgens konden ze opnieuw feedback geven op de EDUbox. Tijdens dit moment was er veel minder feedback in vergelijking met het eerste projectjaar en bij de prototypeversie. Dit is niet onlogisch aangezien de leraren reeds eerder feedback konden geven op het ontwerp en het nu om een finale versie ging.

4.3 Evaluatie- en reflectiefase

Net zoals we de ontwerp- en constructiefase tweemaal doorliepen, doorliepen we ook twee keer de evaluatie- en reflectiefase tijdens het onderzoeksproject. Tijdens het eerste projectjaar lag de focus van de evaluatie- en reflectiefase vooral op het verder optimaliseren van het ontwerp. Tijdens het tweede projectjaar lag de focus sterker op het in kaart brengen van het formatief handelen van leraren en de ervaring met de educatieve technologie. We lichten hieronder de onderzoeksmethoden toe die gebruikt werden in de evaluatie- en reflectiefase.

4.3.1 Observatie en audio-opname

Tijdens het uitrollen van de meeste lessen was er telkens één onderzoeker aanwezig in de klas. De rol van de onderzoeker was in het eerste projectjaar om te observeren waar en hoe het ontwerp van de EDUbox nog verder geoptimaliseerd kon worden. Daarnaast was de aanwezigheid van de onderzoeker ook een meerwaarde voor de leraren aangezien er zo kort op de bal gespeeld kon worden bij onduidelijkheden en kinderziektes in het leerpad. De observaties tijdens het eerste jaar waren eerder open, ongestructureerde observaties waarbij de onderzoeker participierend observeerde. De data werd verzameld in de vorm van veldnotities in een Word-document en op een PDF-versie van de EDUbox. Vervolgens werd alle feedback samengebracht in een Excel-bestand waarbij we gestructureerd de feedback herwerkten of redenen aangaven waarom bepaalde feedback niet werd herwerkt.

In het tweede projectjaar lag de focus meer op het onderzoeksluik (in plaats van het ontwerpluik) waarbij we het formatief handelen van de leraar en de ervaring met educatieve technologie in kaart wilden brengen. Het formatief handelen brachten we in kaart aan de hand van de vijf kernstrategieën waardoor deze observatie eerder gestructureerd verliep. Het in kaart brengen van de educatieve technologie verliep eerder ongestructureerd. In beide gevallen verliep de observatie in het tweede projectjaar niet-participerend waarbij de onderzoeker op afstand bleef en minder intervenieerde tijdens de uitrol van de lessen.

In beide projectjaren namen de onderzoekers veldnotities en werden audio-opnames gemaakt van de leraren terwijl ze les aan het geven waren met de EDUbox. In totaal werden acht leraren geobserveerd tijdens het doorlopen van de EDUbox. De audio-opnames werden gemaakt aan de hand van een daspeldmicrofoon die werd opgespeld zodat de leerlingen en leraren zich minder bewust waren hiervan. De audio-opnames werden op kritische momenten getranscribeerd en uitgeschreven in een soort vignet. De kritische momenten werden bepaald door de onderzoekers waarbij een link met het conceptueel kader voor handen was (bv. bepaalde STEM-vaardigheden kwamen aan bod, er wordt verwezen naar de rol van educatieve technologie of een bepaalde kernstrategie van formatief handelen komt aan bod).

4.3.2 Interview

Nadat de leraren een of meerdere lessen hebben gegeven, volgde er een interview met hen. Iedere leraar werd één keer geïnterviewd per projectjaar. Analooq met de observaties lag de focus in het eerste projectjaar vooral op interviewvragen met betrekking tot het ontwerp. In het tweede projectjaar lag de focus meer op het omgaan met de educatieve technologie en het formatief handelen. Er werden in totaal acht leraren tweemaal geïnterviewd waardoor we uiteindelijk over zestien interviews beschikten.

In beide projectjaren werd op voorhand een interviewleidraad opgesteld. De interviewleidraad had de drie concepten uit de literatuurstudie als aanknopingspunten: STEM-onderwijs, formatief handelen en educatieve technologie. De vragen in de leidraad waren gekoppeld aan deze drie concepten en polsten naar de ervaringen van de leraren met betrekking tot die drie concepten. Er werden audio-opnames gemaakt van alle interviews met de leraren. De interviews duurden telkens ongeveer 15 à 30 minuten.

Alle audio-opnames van de interviews werden getranscribeerd. De analyse verliep gefaseerd en gespreid over de twee projectjaren. In het eerste projectjaar werden de interviewgegevens voornamelijk exploratief geanalyseerd. Deze eerste analyse had een tweeledig doel: het identificeren van aandachtspunten voor de optimalisatie van het lesontwerp en een eerste verkenning van de centrale concepten binnen dit onderzoeksproject.

In het tweede projectjaar werd een meer diepgaande analyse uitgevoerd. De transcripten werden geïmporteerd in NVivo en systematisch gecodeerd. Het coderingsproces was deductief opgebouwd op basis van de drie conceptuele kaders uit de literatuurstudie: STEM-onderwijs, formatief handelen en de bemiddelende rol van educatieve technologie. Daarnaast was er ruimte voor inductieve codering wanneer nieuwe inzichten of relevante patronen zich tijdens de analyse aandienen. Deze inductieve codering kwam voornamelijk tot stand tijdens het opsporen van de bemiddelende rol van educatieve technologie.

Door alle transcripten aan deze analysemethode te onderwerpen, konden patronen, verschillen en voorbeelden in de ervaringen van de leraren tussen beide projectjaren worden geïdentificeerd. Deze analyse vormde de basis voor de interpretatie van de kwalitatieve onderzoeksresultaten.

4.4 Implementatie en verspreiding

Naast de drie cyclische fasen, besteedt het EDR-model ook expliciet aandacht aan implementatie en verspreiding. Vandaar dat we doorheen het volledige project ook de nodige aandacht hebben besteed aan valorisatie en disseminatie.

De resultaten (ontwerp en onderzoek) werden op verschillende momenten verspreid naar het (bredere) werkveld. Dit gebeurde o.a. op vormingsmomenten tijdens studiedagen (bv. STEM-studiedag Hasselt), mentorendagen (op hogeschool VIVES), congressen (bv. ORD-congres, Velon-congres), sociale media (LinkedIn, Instagram take-over van VIVES), nieuwsbrieven (VIVES), artikels (VRT NWS)... In mei 2025 werd de EDUbox officieel op twee momenten voorgesteld aan het publiek. Dit gebeurde eerst voor leraren op de VRT en twee dagen later op het eerste Onderwijsforum van VIVES.

5 Resultaten

In het volgende deel bespreken we de resultaten van het onderzoeksproject. Deze resultaten werden verzameld doorheen de twee jaren via drie verschillende onderzoeksbronnen (observatie, interview en audio-analyse).

Als eerste resultaat bespreken we het lesmateriaal dat ontwikkeld werd. Daarna zoomen we dieper in op de verschillende onderzoeksthema's van het onderzoeksproject: formatief handelen, STEM-vaardigheden en de (bemiddelende) rol van de leraar en technologie.

5.1 EDUbox als ontwerp

Als resultaat van het ontwerponderzoek werd de [EDUbox 'Energie' \(voor het lager onderwijs\)](#) ontwikkeld. De EDUbox is een educatief concept van VRT om kinderen en jongeren uit het lager en secundair onderwijs te laten kennismaken met een bepaald maatschappelijk thema. Voor het eerst werd een EDUbox voor het lager onderwijs ontwikkeld.



Figuur 11 Startscreen van EDUbox Energie voor het lager onderwijs

De EDUbox is een digitaal leerpad en is gemaakt voor gebruik in de klas waar leerlingen het onderwerp 'Energie' zelfstandig in handen kunnen nemen. De leerlingen werken in groepjes van 2 à 3 leerlingen op een laptop of tablet. Via opdrachten, video's en interactieve tools ontdekken de leerlingen stap voor stap wat energie is, hoe het wordt opgewekt en op welke manier ze er zelf bewust mee om kunnen gaan. Om het thema concreet te maken moeten de leerlingen daarna berekenen hoeveel zonnepanelen gezinnen kunnen leggen en moeten ze een eigen zonnepaneel ontwerpen. De EDUbox is dus niet enkel een digitaal leerpad, maar er zit ook een hands-on STEM-activiteit in vervat.

De EDUbox bestaat uit 4 delen:

- **Deel 1** introduceert de leerlingen in het thema 'energie' aan de hand van twee personages: Zuri en nonkel Remco. Meer specifiek staan de leerlingen in dit deel stil bij het verbruik van energie.
- In **deel 2** wordt het thema verbreed door dieper in te gaan op hoe we energie opwekken. De eerste twee delen zijn eerder theoretisch.
- In **deel 3** wordt de buurt van Zuri voorgesteld aan de hand van een grondplan waar huizen op staan. In dit deel moeten de leerlingen berekenen hoeveel zonnepanelen elk gezin kan leggen. Hiervoor moeten ze rekening houden met verschillende factoren: oriëntatie van het dak,

verbruik van het gezin, budget van het gezin en plaats op het dak. Vervolgens worden de leerlingen ook uitgedaagd om zelf zonnepanelen te ontwerpen om op platte daken te plaatsen. In deze STEM-activiteit moeten ze rekening houden met de stevigheid van hun constructie, de scherpe hoek van hun zonnepaneel en moet het zonnepaneel zoveel mogelijk zon kunnen opvangen.

- In **deel 4** eindigen de leerlingen met een syntheseoefening waarbij ze berekenen hoeveel groene energie alle gezinnen van de buurt van Zuri samen opwekken.

De taak als leraar is zorgen voor een goede opstart, actief rondwandelen, monitoren en leerlingen begeleiden die vragen hebben of vast zitten. Deze taak wordt in de volgende delen nog verder besproken. Doorheen de EDUbox zijn ook een aantal klassikale momenten voorzien waarbij de leraar de groep samen neemt om klassikaal iets te bespreken of om te overlopen met de leerlingen.

Om leraren wegwijs te maken in de EDUbox is er een handleiding beschikbaar. Deze kan als tekst geraadpleegd worden bij de EDUbox op de website van VRT of via de interactieve versie ervan via deze link: [Handleiding EDUbox 'Energie' 2.0 | Genially](#). De interactieve versie werd ontworpen door VIVES en is op een laagdrempelige, visuele manier uitgewerkt zodat leraren snel zien wat er van hen verwacht wordt in ieder deel.

In wat volgt focussen we op de verschillende onderzoeksthema's van het onderzoeksproject: STEM-vaardigheden, formatief handelen en de (bemiddelende) rol van de leraar en technologie. We beginnen met de STEM-vaardigheden.

5.2 STEM-vaardigheden in de EDUBOX

De EDUbox heeft 'energie' als thema en sluit zo aan bij STEM-onderwijs. In de literatuurstudie beschreven we het STEM-onderwijs reeds vanuit een didactiek van onderzoekend leren waarbij ingezet kan worden op verschillende STEM-vaardigheden. Hoewel alle STEM-vaardigheden aan bod kunnen komen tijdens het doorlopen van de EDUbox, hebben we vooral op de volgende vijf STEM-vaardigheden gefocust: voorspellen, uitvoeren en verzamelen van gegevens, analyseren en interpreteren, concluderen en reflecteren. De keuze voor die vijf STEM-vaardigheden is hoofdzakelijk een pragmatische keuze waarbij een behapbaar aantal STEM-vaardigheden voor ogen werd gehouden tijdens het doorlopen van de EDUbox. Naast deze pragmatische keuze merken we bovendien ook dat deze EDUbox nauw aansluit bij deze vijf STEM-vaardigheden.

De eerste STEM-vaardigheid is **voorspellen** waarbij leerlingen een hypothese moeten formuleren of moeten nadenken in termen van 'als... dan...'. Dit voorspellen zit minder expliciet in de EDUbox maar komt wel sterk tot uiting in de begeleiding van de leraar zoals we merken in de lesobservaties. Zo is er een oefening met een zaklamp waarbij de leerlingen vaststellen dat ze zonnepanelen op een plat dak niet vlak na elkaar mogen plaatsen omwille van de slagschaduw. Nadat de leraren verschillende zonnepanelen naast en achter elkaar heeft gezet, kunnen de leerlingen voorspellen wat er zal gebeuren wanneer de zon (de lichtbron) schijnt.

Leraar: Die hokjes [op de plattegrond] van een plat dak die liggen tegen elkaar net zoals die hokjes van een schuin dak. Dus je zou denken, op een bepaalde oppervlakte kunnen er evenveel panelen op een plat dak als op een schuin dak maar eigenlijk is dat geen waar. Want, stel, ik ga die panelen allemaal eigenlijk waar dat het ene paneel stopt, ga ik het andere al zetten. Want eigenlijk op een schuin dak liggen ze zo. Akkoord?

Leerlingen: Ja



Leraar: Ja, ze hangen aan elkaar. Als ik dat nu wil doen voor een plat dak, dan ziet dat er een beetje zo uit.[...]. <u>Ziet er al iemand wat het probleem gaat zijn als wij dat echt zo gaan plaatsen, heel dicht bij elkaar?</u> Leerling: schaduw Leraar: Hoe bedoel je? Leerling: (onverstaanbare uitleg) Leraar: Inderdaad, doe eens het licht uit. Ik ga eens proberen met mijn telefoon. [...] Kijk als dat de zon is, dan zie je het eigenlijk nu wel supergoed. De zon die schijnt volledig op het eerste paneel. Wat zie je dan? Leerling: eerst hier een schaduw Leraar: Ja, het onderste deel van jouw paneel zit in de schaduw. Dus, daar gaat er geen... Leerling: zon schijnen Leraar: <u>en als daar geen, als de zon daar niet kan op schijnen, dan gaat er geen...</u> Leerling: energie [zijn]	
---	--

De tweede STEM-vaardigheid betreft het **uitvoeren en verzamelen van gegevens** en komt regelmatig aan bod tijdens het doorlopen van de EDUbox. Zo wordt in het begin van deel 3 de grondplannen (de buurt van Zuri) samen besproken met de leerlingen: wat staat er allemaal op de grondplannen? Wat betekent het? Waarvoor zou we dit nodig hebben? (figuur 12). Daarna moeten de leerlingen berekenen hoeveel zonnepanelen ieder gezin kan leggen. Om die berekeningen te kunnen maken, verzamelen de leerlingen verschillende gegevens vanuit de EDUbox en het grondplan (bv. budget, oriëntatie van het dak, beschikbare plaats op het dak ...).

Ook bij de oefening van de slagschaduw gaan leerlingen via het uitvoeren en verzamelen van gegevens zien dat zonnepanelen op een plat dak dus beter wat verder van elkaar plaatsen zodat er geen schaduw valt op de zonnepanelen. De EDUbox eindigt ook met een synthese-oefening waarbij de leerlingen alle verzamelde informatie van hun grondplan moeten samenbrengen in een technische fiche.

Ook bij het ontwerpen van het zonnepaneel zien we deze STEM-vaardigheid voortdurend terugkomen. Zo moet hun zonnepaneel aan een aantal criteria voldoen. Om aan die criteria te voldoen, moeten de leerlingen uitvoeren en gegevens verzamelen (bv. met betrekking tot de stevigheid van het zonnepaneel). In het volgend lesfragment werd een onderzoekje opgesteld door de leraar. Twee constructies zijn aanwezig, een vierkant en een driehoek, en er wordt aan de leerlingen gevraagd welke vorm het stevigst is. De leerlingen concluderen dat de driehoek de meest stevige vorm is en worden gestimuleerd om deze vorm mee te nemen in hun verdere ontwerp. Daarnaast moeten de leerlingen ook stil staan bij de verschillende (eigenschappen van de) materialen die ze kunnen gebruiken. Ze moeten de verschillende materialen vergelijken en nadenken over welk materiaal het meest geschikt is om verbindingen te maken of om voor stevigheid te zorgen (zijn dit de rietjes of de chenilledraden?) (figuur 13).



Figuur 12 ontwerpen van een zonnepaneel



Figuur 13 grondplan wordt besproken

Leraar: Wat verandert er van vorm? Doe nog eens.

Leerling: het vierkant

Leraar: zet ze eens op de tafel. Oefen een beetje druk uit op beide en kijk naar de vorm; welke vorm verandert er? Je moet langs één kant duwen.

Leerling: de driehoek

Leraar: maar welke vorm verandert het snelst en het meest?

Leerling: vierkant

Leraar: wat is het stevigst?

Leerling: driehoek

Leraar: misschien moet je nu nadenken om driehoeken te gaan gebruiken?

Leerling: geodriehoeken?

Leraar: nee, als vorm, je moet rietjes en chenilledraden gebruiken. Het materiaal staat vast maar hoe ga je dat materiaal vormen in een driehoek? Je moet nu nog nadenken over de verbindingen en zo verder.

De derde STEM-vaardigheid is **analyseren en interpreteren** en betreft het ordenen van gegevens of het aflezen van gegevens en daar betekenis aan geven. Dit sluit nauw aan bij de vorige STEM-vaardigheid maar doorheen de EDUbox zijn er momenten dat het analyseren en interpreteren heel sterk en expliciet gestimuleerd wordt. Zo moeten de leerlingen in het eerste deel bijvoorbeeld een grafiek aflezen waarop te zien is hoeveel energie verbruikt wordt doorheen de dag (figuur 14). Doorheen het derde deel van de EDUbox verzamelen de leerlingen ook gegevens in een technische fiche en in hun grondplan. In het vierde deel moeten de leerlingen die verzamelde gegevens analyseren en interpreteren aan de hand van een aantal vragen die ze moeten invullen en vervolgens klassikaal besproken worden. Ook op basis van het ingevulde grondplan van het dorp zijn er kansen om te analyseren en te interpreteren. Als alle grondplannen samen liggen, zien de leerlingen bijvoorbeeld dat geen enkel zonnepaneel op een dak ligt dat naar het noorden is gericht.

Tijdens het ontwerpen van hun zonnepaneel lenen zich ook veel momenten om de leerlingen te laten analyseren en interpreteren. De leerlingen hun zonnepaneel moet immers voldoen aan een aantal criteria. Om aan die criteria te voldoen moeten de leerlingen tijdens het ontwerpen van hun zonnepaneel analyseren hoe ze bijvoorbeeld hun zonnepaneel steviger kunnen maken. Ze analyseren hun ontwerp op zoek naar zaken die beter kunnen en koppelen daar ook een interpretatie aan (bv. mijn zonnepaneel staat loodrecht en heeft geen hoek van ± 35 graden, hoe komt dat?). Ook in het vorige lesfragment komt het analyseren en interpreteren aan bod nadat de leerlingen het onderzoekje hebben uitgevoerd, hebben geconcludeerd dat driehoeken de stevigste vorm hebben en dit ook meenemen in hun verdere ontwerp. Tijdens het klassikaal moment dat ze negen zonnepanelen plaatsen en de schaduw bekijken, interpreteren en analyseren de leerlingen ook wat dit precies

betekent voor het plaatsen van de zonnepanelen op het dak. In onderstaande situatie hebben leerlingen een zonnepaneel ontworpen en komt de leraar langs om deze te evalueren.



Figuur 14 analyseren van grafiek



Figuur 15 analyseren van gegevens gezin

Leraar: We gaan eens kijken. Jullie hebben een zonnepaneel gemaakt. Drie dingen moesten er kloppen. Stevig, scherpe hoek en het moet passen op de plattegrond. Ja?

Is het stevig? [leraar neemt zonnepaneel]

Oei, ik heb het nu al twee keer neergezet en wat gebeurt er iedere keer?

Leerling: kapot

Leraar: Is het dan stevig?

Leerling: nee

Leraar: Sorry, dan kan ik het eigenlijk al niet goedkeuren. We kijken naar de andere zaken. Waar is de geodriehoek? Kan je me tonen of het een scherpe hoek is? Toon mij of het een scherpe hoek is. Leerlingen twijfelen.

Leraar: hoe kunnen we een scherpe hoek meten? Over welke hoek gaat het?

Leerlingen tonen.

Leraar: is die scherp?

Leerling: ja

Leraar: Is het de juiste richting, zoals we besproken hebben?

Leerling: ja

Leraar: het enigste waar ik niet tevreden van ben, is de stevigheid. Ik zou graag hebben dat je dat nog eens herbekijkt.

De vierde STEM-vaardigheid is **concluderen** en betreft het antwoorden op de onderzoeksvraag en het opbouwen van een redenering. Er zijn opnieuw heel wat opportuniteiten in de EDUbox om leerlingen te laten concluderen. Nadat de leerlingen deel één en deel twee hebben doorlopen moeten ze bijvoorbeeld een samenvatting invullen. Op die samenvatting noteren ze hun conclusie van wat ze hebben geleerd in deel één en deel twee.

In het derde deel moeten de leerlingen telkens onderzoeken hoeveel zonnepanelen ieder gezin kan leggen. Op het einde van ieder gezin, formuleren ze een conclusie waarbij ze op basis van een aantal berekeningen en gegevens concluderen hoeveel zonnepanelen ieder gezin kan leggen. Het volgende lesfragment is hiervan een voorbeeld.

Leraar: Waarom [kan het gezin] 12 [zonnepanelen leggen]?

Leerling: omdat hun budget... dat het budget dat ze mogen geven

Leraar: dat is het budget dat ze kunnen geven. Meer kan niet.

Kijk, en hier heb je het al allemaal aangeduid. Er kunnen er op het dak 12 liggen. Volgens ons verbruik zou 13 ideaal zijn, maar je kan er maar 12 kopen.

Dus hoeveel ga je er dan uiteindelijk gaan kopen?

Ze moeten vervolgens die zonnepanelen ook aanduiden op de plattegrond om finaal de technische fiche te kunnen invullen (figuur 17). De technische fiche vormt samen met de grondplannen (figuur 16) van alle gezinnen in de buurt van Zuri, een kans om leerlingen verschillende conclusies te laten trekken (bv. zijn er genoeg zonnepanelen om alle gezinnen in de buurt van elektriciteit te voorzien? In welke windrichting liggen de meeste zonnepanelen?). Tijdens het ontwerpen van hun zonnepaneel trekken de leerlingen ook conclusies. Op basis van de criteria moeten ze immers ook concluderen of hun ontwerp voldoet aan de criteria of niet.



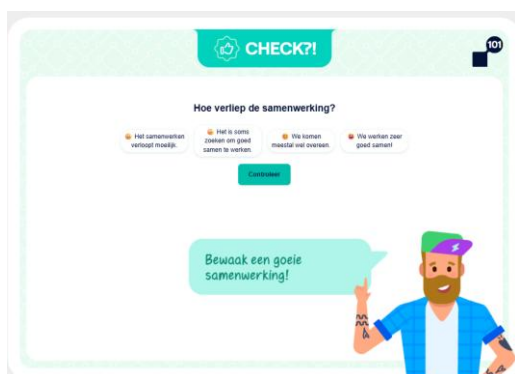
Figuur 16 technische fiche



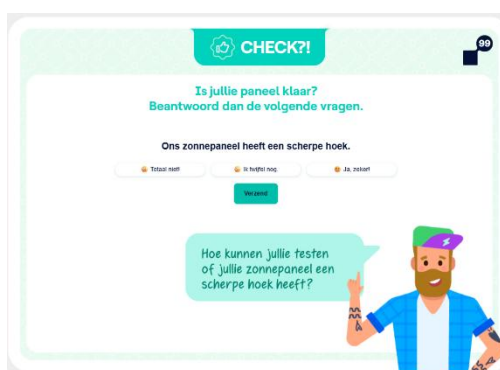
Figuur 17 aanduiden van zonnepanelen op het grondplan

De vijfde STEM-vaardigheid is **reflecteren**. Het reflecteren zit ook sterk ingebakken in de EDUbox. Deel één en deel twee van de EDUbox eindigt telkens met een aantal reflectievragen die de leerlingen moeten invullen waarbij ze reflecteren over het al dan niet bereiken van de leerdoelen (bv. 'Ik kan voorbeelden opnoemen van toestellen die energie verbruiken zonder dat we het beseffen').

Daarnaast moeten de leerlingen tijdens het ontwerpen van hun zonnepaneel ook regelmatig reflecteren. Nadat de leerlingen hun zonnepaneel hebben gemaakt, moeten de leerlingen in de EDUbox ook reflecteren over hoe ze het hebben aangepakt, hoe de samenwerking verliep en wat goed en minder goed is aan hun zonnepaneel met betrekking tot de drie criteria (figuur 18 en figuur 19). Het reflecteren gebeurt niet enkel in de groepjes onderling maar ook klassikaal zijn er heel wat kansen om te reflecteren. In het volgend lesfragment wordt klassikaal gereflecteerd op een aantal ontwerpen aan de hand van de criteria. Op basis van de inzichten die hieruit komen, krijgen de leerlingen de kans om hun ontwerp te optimaliseren.



Figuur 18 reflectie op samenwerking



Figuur 19 reflectie op criterium 2 (scherpe hoek)

Leraar: Iedereen even rond de tafel. [...] Oké, ik ben eventjes naar het zesde gaan kijken. Ik heb er twee uitgekozen want zij zitten al een stapje verder. Dit zijn er twee die ik vrij goed vind. Deze is

eigenlijk gebaseerd op wat je ziet aan het bord. Dit is hoe zonnepanelen werkelijk in elkaar zitten. [...] Natuurlijk wat is het verschil tussen dit en wat je ziet in het echt?

Leerling: Dit [onverstaanbaar]

Leraar: Ja, oké. Hier werken ze aan de bovenkant maar vorig jaar heb ik er gezien waar er aan de bovenkant geen rietjes meer waren. Maar op zich ik vind dit wel oké. Maar ik heb één opmerking. Wie heeft er bij dit zonnepaneel een opmerking als je kijkt naar het bord? Als je denkt aan onze panelen op het dak? En wat ik daarnet heb gezegd voor we begonnen? [...]

Leerling: Dit is niet 35 graden.

Leraar: Inderdaad, deze hoek is veel ...

Leerling: Hoger, groter

Leraar: groter dan 35 graden. Eigenlijk staat het zonnepaneel te recht. Maar op zich kijk, het is wel stevig. Ik druk er op en het blijft staan. Natuurlijk mijn karton buigt, dat is normaal. Deze groep heeft het een beetje anders gedaan. Dit vind ik de beste. Je ziet het kan ook op een andere manier. Het zonnepaneel staat schuin. Opnieuw ...

Leerling: te hoog

Leraar: een te grote hoek. Maar als ik druk, kijk, het is heel stevig. Zij hebben wel die rietjes er hier door gestopt. Ik zie dat ze hier al met plakband beetje hebben moeten plakken want het was gescheurd. Dus die rietjes daardoor steken is niet ideaal. Dat zie je dus hier, hier hebben ze dat niet gedaan. Ze hebben enkel de pijpenragers erdoor gestopt. En dan overal aan de zijkant met rietjes gewerkt. Je krijgt nu nog eventjes de tijd, ik zou heel graag hebben dat elke groep één paneel heeft dat toch wel blijft staan. En dan gaan we straks nog eens verzamelen en bekijken en dan heb ik nog één punt dat ik wil uitleggen. Go.

Als besluit met betrekking tot de vijf STEM-vaardigheden kunnen we op basis van de resultaten stellen dat de STEM-vaardigheden duidelijk aan bod komen in de EDUbox. Soms komt dit letterlijk aan bod in de EDUbox zelf, soms zit dit vooral in het ontwerpen van het zonnepaneel en andere keren komt het vooral tot uiting in interactie tussen leraar en leerlingen of leerlingen onderling. Tegelijkertijd valt ook op dat de STEM-vaardigheden niet altijd even strikt afgebakend zijn van elkaar. Zo merken we dat de STEM-vaardigheden snel kunnen volgen op elkaar waardoor ze soms precies lijken te overlappen. Het benoemen en zien van de STEM-vaardigheden in de EDUbox is een eerste belangrijke stap om de begeleiding als leraar hierop te kunnen afstemmen. Hoe die begeleiding als leraar kan versterkt worden, wordt in dit project gedaan aan de hand het formatief handelen. In het volgende deel gaan we hier dieper op in.

5.3 Formatief handelen in de EDUBOX

In de ontwikkeling van de EDUbox hielden we rekening met de vijf kernstrategieën van formatief handelen zoals omschreven in de literatuurstudie. In wat volgt lichten we telkens toe hoe iedere kernstrategie aan bod komt in de EDUbox. De bevindingen worden beschreven vanuit het ontwerp van de EDUbox, de interviews en de lesobservaties. De focus bij formatief handelen lag op het integreren van de kernstrategieën in het ontwerp. De interviews en lesobservaties leveren daarnaast waardevolle inzichten op in hoe formatief handelen zich manifesteert tijdens het lesgeven met de EDUbox.

5.3.1 Kernstrategie 1: leerdoelen en succescriteria duidelijk maken, delen en begrijpen

De eerste kernstrategie betreft het duidelijk maken, delen en begrijpen van leerdoelen en succescriteria. In het ontwerp van de EDUbox komt dit aan bod in het begin van ieder deel. Ieder deel start immers met Zuri die aan de hand van een korte tekst aangeeft waarover het komende deel zal gaan (Figuur 20). Die tekst probeert op een aantrekkelijke manier het leerdoel begrijpbaar en betekenisvol te maken voor de leerlingen. Meteen na die tekst van Zuri waarin de leerdoelen eerder impliciet aanwezig zijn, volgt een slide waarbij de leerlingen hun voorkennis wordt geactiveerd aan de

hand van een open vraag met betrekking tot de leerdoelen. De leerdoelen kunnen door de leraar nog eens expliciet benoemd worden vóór en tijdens het doorlopen van de Edubox.



Figuur 20 kernstrategie 1 in de EDUbox

In het derde deel van de EDUbox gaan de leerlingen aan de slag met het ontwerpen van een zonnepaneel. Aangezien het zonnepaneel op een plat dak moet kunnen staan, worden er succescriteria meegegeven in de EDUbox waarbij het zonnepaneel stevig ontworpen moet zijn, een scherpe hoek moet hebben en de volledige bovenkant van het zonnepaneel zon moet kunnen opvangen. Deze succescriteria wordt expliciet meegedeeld in de EDUbox (figuur 21).



Figuur 21 criteria zonnepaneel

Die succescriteria voor een zonnepaneel op het platte dak zijn een houvast voor de leraar om de ontwerpen te evalueren en de leerlingen hierin te begeleiden. Wanneer de leerlingen aangeven 'klaar' te zijn met hun ontwerp, kunnen de drie criteria erbij genomen worden en wordt het ontwerp hierop afgetoetst. Volgend fragment is hiervan een voorbeeld.

Leerlingen: We moeten nog versiering hebben.

Leraar: Is dat een van de criteria? Dat het versierd moet worden?

Leerling: ja, ik heb dat gelezen

Leraar: Nee, dat staat er niet in. Het mag zelfs niet versierd worden. Oké, overloop eens.

Leerling: stevig zijn

Leraar: Hoe kan je dat testen?

Leerlingen doen iets

Leraar: Kan je het nog op een andere manier testen? Zonnepanelen moeten we ook niet laten vallen uit de lucht om te kijken of ze stevig zijn.

Zonnepanelen moeten vooral tegen wat kunnen?

Leerling: water en wind

Leraar: Een keer duwen, zoals de wind zou duwen. Is hij stevig?

Leerlingen: hmm nee

Leraar: Jullie zijn streng voor jullie zelf, want ik vind dat van alle groepjes, jullie al de stevigste constructie hebben gebouwd (...)

Om leerlingen bewust te maken van de kwaliteitscriteria voor een goed zonnepaneel kan er ook gekeken worden naar (foto's van) echte zonnepanelen. Tijdens de uitrol van de Edubox gebeurde dit op verschillende manieren: leerlingen kregen op voorhand de opdracht om hun eigen zonnepanelen te fotograferen en deze foto's werden besproken in de klas, leerlingen mochten uit het raam kijken naar de daken waar zonnepanelen op lagen, de zonnepanelen van de school werden geobserveerd... (figuur 22)

In onderstaand voorbeeld hebben de leerlingen een eerste ontwerp van hun zonnepaneel gemaakt. De leraar merkt op dat dit niet altijd voldoet aan de criteria. Ze roept de klas bijeen en ze toont enkele afbeeldingen van echte zonnepanelen. De begeleiding en vragen van de leraar zorgen er voor dat de leerlingen gericht kijken naar de foto's. In haar instructie herhaalt nog eens de leraar de verwachtingen (constructie moet stevig zijn, maar wees ook kritisch voor jezelf).



Figuur 22 Leerlingen kijken door het raam naar zonnepanelen.

Leraar:

'Ik zie bij sommige groepjes echt al een goed begin en ze zijn goed aan het kijken wat ze kunnen doen, maar denk aan een correcte vorm hoe je zonnepaneel wordt ondersteund zodanig dat het stevig blijft. Ik zie bij sommige, zijn al snel te werk gegaan, en die ook een beetje voor de schoonheid gaan, maar dat is niet nodig. Het is echt de bedoeling dat het gewoon staat, jouw zonnepaneel. Kijk gewoon nog eens goed [naar de foto]. Ik ga nog eens inzoomen op één zonnepaneel, naar de vorm van zo'n ondersteuner.

Je gaat zo dadelijk terug naar je groepje en ik wil dat je nadenkt over de stevigheid. Sommige kinderen zijn heel snel tevreden. Ik was daarjuist bij een groepje en ik had het twee keer in mijn handen en het viel twee keer uit elkaar. Noem je het dan stevig? Wees kritisch voor jezelf. Dit wil zeggen: kijk eens of het echt wel correct is wat je doet. Oké? Go!'

5.3.2 Kernstrategie 2: bewijs verzamelen van de leerresultaten

De tweede kernstrategie houdt in dat er bewijs van de leerresultaten verzameld moet worden. Dit gebeurt op verschillende momenten en op verschillende manieren in de EDUbox.

Aangezien de EDUbox een **digitaal** leerpad is dat de leerlingen kunnen doorlopen, zitten er heel wat kansen in om bewijs te verzamelen van de leerresultaten van de leerlingen. In de EDUbox zitten namelijk verschillende soorten vragen die de leerlingen moeten beantwoorden tijdens het doorlopen van de EDUbox. In grote lijnen onderscheiden we drie soorten vragen. Enerzijds zitten er vragen in die polsen naar de voorkennis van de leerlingen. Dit zijn vooral open vragen aan het begin van ieder deel. Daarnaast zijn er ook verschillende soorten vragen die het begrip van de leerlingen checkt. Dat zijn vragen die gesteld worden nadat de leerlingen een stuk tekst hebben gelezen, een videofragment hebben bekeken of een oefening moesten oplossen. Dit zijn bijvoorbeeld meerkeuzevragen, waarvals vragen, kort-antwoordvragen ... De laatste soort vragen zijn reflectievragen waarbij de leerlingen op het einde van ieder deel voor zichzelf inschatten en aangeven in welke mate ze de leerdoelen hebben bereikt. Ze doen dit aan de hand van een aantal vooraf gegeven schalen (bv. Dit vind ik moeilijk, ik twijfel nog, dit begrijp ik, ik kan meerdere voorbeelden geven ...). Nadat de leerlingen de volledige

EDUbox hebben doorlopen, kan je als leraar een overzicht krijgen van de antwoorden van de leerlingen. Die antwoorden kan je ook gebruiken als bewijs van leerresultaten.

Daarnaast verwijst de EDUbox ook naar leerresultaten die de leerlingen **fysiek** moeten kunnen bewijzen buiten het digitaal doorlopen van het leerp pad. Dit gebeurt zowel op papier als fysiek via het zonnepaneel dat ze ontwerpen. Op papier is er bijvoorbeeld een samenvatting die ingevuld moet worden door de leerlingen nadat ze deel 1 en 2 hebben doorlopen. De leraar ziet zo wat de leerlingen hebben geleerd in deel 1 en 2. In deel 3 krijgen de leerlingen een grondplan op papier waarop ze moeten aanduiden waar ze de zonnepanelen zouden leggen. Dit grondplan moeten de leerlingen kortcyclisch invullen per huis waardoor de leraar snel bewijs kan verzamelen van de leerresultaten van de leerlingen. In één oogopslag is zichtbaar of de leerlingen op de juiste weg zijn of niet. Binnen het derde deel moeten de leerlingen ook een zonnepaneel ontwerpen. We stimuleren de leerlingen om eerst een schets of ontwerptekening te maken van hun zonnepaneel alvorens ze beginnen te ontwerpen. Om die ontwerptekening te maken is er een sjabloon beschikbaar dat gebruikt kan worden voor de leerlingen. Door de leerlingen een ontwerptekening te laten maken, verzamel je bewijs van hun leerresultaat. Nadat ze een ontwerptekening hebben gemaakt, moeten de leerlingen effectief een zonnepaneel ontwerpen. Het ontworpen zonnepaneel is ook een bewijs van het leerresultaat van de leerlingen. In het derde en laatste deel van de EDUbox moeten de leerlingen ten slotte een technische fiche invullen waarbij ze alle gegevens die ze hebben verzameld doorheen het doorlopen van de EDUbox moeten samenbrengen en uitrekenen. Doordat alles samen komt in die technische fiche, verzamelt de leraar ook gemakkelijk bewijs van de leerresultaten van de leerlingen.

Ten slotte wordt er ook bewijs verzameld door **vragen die leraren** stellen aan de leerlingen. In deel 1 en deel 2 wordt er vooral (theoretische) inhoud gegeven en peilen de quizvragen naar inzicht. De rol van de leraar hierbij is vooral om te checken waarom de leerlingen een bepaald antwoord aanduiden ('Kan je uitleggen waarom...', 'Hoe komt het dat...',...). Op die manier wordt er gecontroleerd of de leerlingen de inhoud inderdaad begrepen hebben. Tijdens het ontwerpen van het zonnepaneel zijn de vragen vooral gericht op het onderzoek- en ontwerpproces: 'Waar zit het zwakke punt in deze constructie', 'Hoe groot is de hoek die het zonnepaneel maakt? Hoe ga je dit meten?', 'Wat is het nadeel van draden of rietjes boven het zonnepaneel?',...

Het verzamelen van bewijs van de leerresultaten is vaak een combinatie van bovenstaande elementen: het digitale leerp pad, samen met de fysieke materialen en de vragen van de leraar. We illustreren dit aan de hand van twee voorbeelden.

In volgend voorbeeld hebben de leerlingen een fout antwoord gegeven op een quizvraag. De leraar merkt dit op. Het verzamelen van bewijs gebeurt dus op twee manieren: door de quizvraag zelf, maar ook door de leraar die doorvraagt.

Leraar: lees eens goed wat er staat.

Leerlingen: (lezen), aah, maar in de douche heb je toch wel energie nodig?

Leraar: waarvoor heb je energie nodig in de douche? Het gaat niet over je eigen energie, over je lichaam die je gebruikt. Het gaat echt over de energie die je krijgt door...

Leerlingen duiden antwoord aan.

Leraar: leg nu eens uit, waarom duid je nu toch douche aan?

Leerling: omdat het water warm is

Leraar: juist, en hoe wordt het water warm?

Leerling: door elektriciteit

Leraar: want een warmtepomp is eigenlijk een pomp waardoor het water verwarmd wordt, inderdaad

Ten slotte zie je in volgend voorbeeld een combinatie van fysiek bewijsmateriaal (het zonnepaneel) en de leraar die vraagt aan de leerlingen om iets aan te tonen. Op deze manier checkt de leraar of de leerlingen daadwerkelijk begrijpen wat er precies bedoeld wordt met ‘het zonnepaneel heeft een scherpe hoek’.

Leraar: Waar is de geodriekhoek? Kan je het me tonen of het een scherpe hoek is? Toon mij of het een scherpe hoek is.
 Leerling weet niet wat hij moet doen.
Leraar: hoe kunnen we een scherpe hoek meten?
Leerling: als het kleiner is dan dit
Leraar: als het kleiner is dan dit, kan je inderdaad doen. Toon het mij een keer. Over welke hoek gaat het eigenlijk?

5.3.3 Kernstrategie 3: feedback geven die het leerproces stimuleert

De derde kernstrategie sluit nauw aan bij de tweede kernstrategie waarbij er feedback gegeven wordt aan de leerlingen om het leerproces te stimuleren. Die feedback wordt gegeven op basis van de leerresultaten (kernstrategie 2) en de leerdoelen en succescriteria (kernstrategie 1).

In het ontwerp van de EDUbox zitten verschillende feedbackkansen ingebouwd. Zo is er een avatar van een installateur van zonnepanelen (Remco) die af en toe tevoorschijn komt en feedback geeft aan de leerlingen en hen verder op weg helpt als ze vast zitten (zie figuur 23).



Figuur 23 avatar Remco

Daarnaast is er ook feedback ingebouwd bij de verschillende soorten vragen die de leerlingen krijgen in het leerpad. Bij een verkeerd antwoord, krijgen de leerlingen dan gerichte feedback te lezen dat hen op weg helpt om het juiste antwoord te vinden (figuur 24). De open vragen die polsen naar de voorkennis en de reflectievragen hebben die feedback niet.



Figuur 24 feedback op fout antwoord

Naast de ingebouwde feedbackkansen in de EDUbox, zijn er nog heel wat kansen voor de leraar om feedback te geven op basis van de EDUbox zoals blijkt uit de lesobservaties. Doordat er heel wat bewijzen van leerresultaten worden verzameld, zijn er veel kansen voor leraren om feedback te geven (bv. m.b.t. het grondplan, de technische fiche, zonnepaneel, vragen in EDUbox ...).

In onderstaand fragment uit een lesobservatie vind je bijvoorbeeld de feedback van een leraar terug. Het start met de feedback van een leerling die stelt dat ze iets beter moeten vinden omdat het niet zo stevig is. De leraar verwijst vervolgens naar de doelstelling door aan te geven dat het bouwsel stevig moet zijn (feedup). Om de leerlingen op weg te helpen, geeft de leraar aan dat ze moeten nadenken over iets dat ze al eerder hebben geleerd (feedforward).

Leerlingen: we moeten iets beter vinden. Deze zijn niet zo stevig. We moeten er nog een touwtje tussen stoppen en erdoor.

Leraar: De rietjes zouden stevig genoeg moeten zijn. We hebben dit zelf ook al uitgetest. De rietjes zelf hoeft je niet te verstevigen. Het is vooral aan de plaats van de rietjes. De constructie. Het bouwsel op zich, dat moet je zorgen dat stevig is. Denk eens na over wat je allemaal al hebt geleerd tot nu toe. Jullie hebben ongetwijfeld al geleerd hoe je iets op een stevige, sterke manier iets kan bouwen. Jullie weten het hoor, jullie denken er eventjes niet aan.

Leerling: ik denk dat het weet, we moeten dat plankje zo in twee moeten doen, die touwtjes, die rietjes.

Leraar: Het plankje is de grootte van het zonnepaneel, dus daar mag je in principe niet aankomen. We maken het jullie moeilijk he. Maar moeilijk gaat ook.

Dit soort voorbeelden waarbij feedback, feedup en feedforward wordt gegeven zijn talrijk aanwezig doorheen het doorlopen van de EDUbox. In de andere voorbeelden van de kernstrategieën die al beschreven zijn, herken je die vormen van feedback ook regelmatig.

5.3.4 Kernstrategie 4: leerlingen activeren als leerbron van elkaar

De vierde kernstrategie betreft het activeren van leerlingen als leerbron van elkaar. Deze kernstrategie zit verweven doorheen de EDUbox aangezien de leerlingen per twee of drie samenwerken. Doordat de leerlingen in groepjes van twee of drie werken, maken de leerlingen gebruik van elkaars kennis en kunde. Enerzijds gaat het om elkaars kennis gebruiken als leerbron van elkaar aangezien de EDUbox verschillende theoretische vragen en oefeningen bevat. Anderzijds gaat het ook om elkaars kunde te benutten als leerbron van elkaar aangezien de leerlingen in deel drie een eigen zonnepaneel moeten ontwerpen. Zo worden de leerlingen aangemoedigd om, vóór ze te beginnen te ontwerpen, eerst samen als groepje na te denken over hun ontwerp en dit te schetsen.

Als leraar kan je deze kernstrategie ook inzetten door na te denken over de samenstelling van de groepjes. In de interviews gaven de leraren aan bewust groepjes gemaakt te hebben op basis van leesniveau/begrijpend lezen of technisch inzicht. Door heterogene groepjes te maken kunnen leerlingen elkaar ook helpen en ondersteunen.

We stellen dit activeren van de leerlingen als leerbron van elkaar ook vast in de lesobservatie. In volgende twee voorbeelden maakt de leraar de leerlingen expliciet op attent dat ze samen moeten nadenken over het correcte antwoord.

Leraar: je moet niet kijken naar mij. Misschien moet je eerst samen nadenken want A. zegt 6 en 6, jij zou ze hier alle 12 leggen. Klopt dat dan met alles wat je ingegeven hebt? Oriëntatie, het zuiden?

Leerlingen: nee

Leraar: oei, je botst daar al.

Leerling: hier dan (wijst)

Leraar: kijk maar naar jouw vrienden. Zij moeten jou helpen.

Leraar: dus, naar waar moeten je zonnepanelen gericht zijn? Wat is het beste?

Ene leerling: oosten

Andere leerling: zuiden

Leraar: wat is het nu, oosten of zuiden, (naam leerling)?

Derde leerling: oosten

Leraar (richt zich naar 4e leerling in groepje): wat denk jij?

4^e leerling: zuiden

Leraar: oei, 2 zuiden en 2 oosten. Overtuig elkaar waarom het zuiden of oosten is.

Leerling: de zon komt op in het oosten.

Leraar: wanneer schijnt de zon het sterkst?

Leerling: op de middag

Leraar: en waar staat de zon op de middag?

Leerling: in het zuiden

Leraar: dus waar ga je ze plaatsen?

Leerling: zuiden

Daarnaast zien we bij het ontwerpen van het zonnepaneel ook dat leerlingen elkaars kunde gebruiken over de groepen heen. Zo blijkt in een lesobservatie bij een leraar dat verschillende groepjes leerlingen het moeilijk vinden om een zonnepaneel te maken waarop de leerlingen bij andere groepjes gaan kijken ter inspiratie ('gluren bij de burens').

Leraar: Eigenlijk hebben jullie dit geleerd, maar je kan er niet opkomen

Leerling: ik had eigenlijk een idee gezien van een andere groep

Leraar: Dan moet je misschien eens nadenken of dat idee een goed of minder goed idee is. Want gewoon nadoen, daar leer je niets uit bij. Denk eens goed kritisch na: is dat een goed idee?

5.3.5 Kernstrategie 5: leerlingen stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn

De laatste kernstrategie van formatief te handelen betreft het stimuleren van leerlingen om eigenaar te zijn van hun leerproces.

Aangezien de EDUbox een digitaal leerpad is dat de leerlingen zelfstandig doorlopen, worden de leerlingen inherent gestimuleerd om het leerproces in eigen handen te nemen. De EDUbox kan op eigen tempo doorlopen worden, ze kunnen terugklikken, filmpjes opnieuw bekijken... De leerlingen moeten zelf zorgen dat ze alles op een juiste en bewuste manier doorlopen en niet zomaar doorklikken zonder inhouden goed door te nemen of opdrachten uit te voeren. Indien dit laatste het geval is, dan merken we in de lesobservaties dat de leerlingen snel door de mand vallen en dat leraren hen daar snel attent op kunnen maken dat ze alles grondig moeten doornemen. Dit wordt sterk gefaciliteerd omwille van de vele bewijzen van leerresultaten die verzameld worden doorheen het doorlopen van de EDUbox (kernstrategie 2). Ook in de interviews geven de leraren aan dat er veel verantwoordelijkheid bij de leerlingen wordt gelegd doordat ze zelfstandig de EDUbox doorlopen, door de reflectievragen die gesteld worden...

Volgende situatie is een voorbeeld van deze kernstrategie. Hierbij gaat de leraar de groep even afremmen en hen doen laten nadenken over het juiste antwoord. De leraar geeft het groepje handvaten om zelfstandig de inhouden te verwerken.

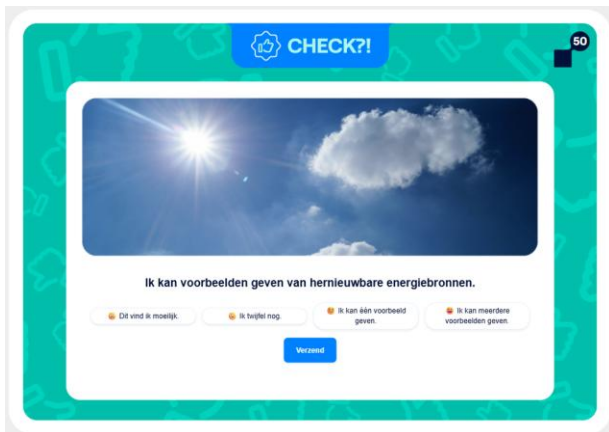
Leraar: hebben jullie rekening gehouden met alle info die je verzameld hebben? Je klikt en klikt, maar misschien moet je eens overleggen?

Leerlingen overleggen.

Leraar: Wat weet je allemaal? Lees dit nog eens allemaal.

Leerlingen: ze hebben maar 16 panelen nodig (...).

In de EDUbox eindigen de verschillende delen ook telkens met reflectievragen (figuur 25). Enerzijds bieden die reflectievragen een bewijs van de leerresultaten van de leerlingen maar anderzijds zijn dit voor de leerlingen ook momenten om expliciet stil te staan en te reflecteren over hun leerproces. Tijdens observaties merkten we ook op dat deze reflectievragen juist ook een manier zijn om met elkaar in gesprek te gaan en te checken of iedereen het inderdaad begrepen heeft (kernstrategie 4).



Figuur 25 Voorbeeld van reflectievraag

In de lesobservaties en de interviews blijkt dat de leraar ook een faciliterende rol speelt om leerlingen te stimuleren om eigenaar van hun leerproces te zijn. De leraar moedigt bijvoorbeeld leerlingen aan om kritisch naar hun eigen ontwerp te kijken of vraagt aan de leerlingen hoe ze tot bepaalde leerresultaten zijn gekomen.

Leraar: *Maar een kind is nog altijd niet mega kritisch voor zichzelf. En ik heb wel een paar keer gezegd van, wees meer kritisch voor jezelf, is het stevig?*

Leraar: *Dan heb ik wel nog een keer gevraagd van, leg mij een keer uit hier. En dan voelde ik wel aan die begrepen [...] Wat is dat hier? Wat is dat hier nu eigenlijk? En wat is dat? Gewoon kort gepolst.*

Als besluit met betrekking tot het formatief handelen in de EDUbox, stellen we vast dat dit integraal aanwezig is en ook zo tot uiting komt in de praktijk. De verschillende kernstrategieën die terug te koppelen zijn naar verschillende fases van formatief handelen (zie literatuurstudie), komen duidelijk aan bod tijdens het doorlopen van de EDUbox. Enerzijds via het ontwerp van de EDUbox op zich maar anderzijds zeker ook doordat de EDUbox bepaalde kansen faciliteert voor de leraar om formatief te handelen.

5.4 De EDUbox als educatieve technologie

Een derde concept in de onderzoeksvraag en in dit onderzoeksproject betreft de inzet van educatieve technologie. Zoals besproken in het theoretisch kader was het doel van de educatieve technologie om de leraar te ondersteunen in de complexiteit en veelheid van de didactische aanpakken (didactiek van onderzoekend leren om STEM-vaardigheden te stimuleren en formatief handelen). Doordat de

educatieve technologie elementen uit beide didactische aanpakken kan overnemen werkt het als middel ondersteunend voor de leraar. Daarnaast werkt technologie ook bemiddelend doordat het een invloed heeft op de praktijk en ervaring van leraren. In dit laatste deel rapporteren we de bevindingen met betrekking tot de EDUbox als middel en de bemiddelende werking ervan.

5.4.1 De EDUbox als middel

Hoe de educatieve technologie in de vorm van een EDUbox precies **ondersteunend** werkt door didactische zaken over te nemen kwam in de twee voorgaande concepten (5.2 en 5.3) aan bod. We gaven regelmatig aan hoe iets in de EDUbox aanwezig is. Die verschillende verwijzingen naar de EDUbox tonen immers telkens hoe bepaalde elementen uit onderzoekend leren (dat STEM-vaardigheden stimuleert) en uit formatief handelen aanwezig zijn in de EDUbox en als zodanig ondersteund worden door de EDUbox.

In de interviews met de leraren blijkt ook dat de EDUbox als een ondersteunend middel wordt ervaren. Op basis van de analyses komen **vier thema's** aan bod waarbij de EDUbox ondersteuning biedt, naast de zaken die al eerder benoemd werden met betrekking tot de STEM-vaardigheden en het formatief handelen: inhoudelijk en geïntegreerd, motiverend, gebruiksvriendelijk en ontlastend.

5.4.1.1 Inhoudelijk en geïntegreerd

In eerste instantie biedt de EDUbox ondersteuning in de inhoud van het thema waarbij ook geïntegreerd wordt gewerkt aan doelen uit verschillende leergebieden.

In de EDUbox zit de nodige kennis en leerinhouden over het thema 'energie' vervat waardoor deze **inhoudelijk** ondersteuning biedt voor de leraren, zoals onderstaande leraar aangeeft.

Leraar: *Voor de kennisverwerving gebeurt door de tool. Het is niet aan de leraar om die kennis over te brengen op de leerlingen. Ze gaan zelf, al doende, luisterend, al lezend, naar iets op zoek...*

Tegelijkertijd is het niet zo dat leraren blind zijn voor hun eigen aanvullingen met betrekking tot het aanbrengen van de inhouden en kennis. Zo nuanceren de leraren de vaststelling dat de EDUbox kennis overneemt met het feit dat ze zelf ook nog steeds over de nodige kennis moeten beschikken. Enerzijds uit zich dit in het feit dat ze zelf over voldoende kennis moeten beschikken zodat ze kunnen inspelen op vragen van leerlingen, verdiepend kunnen werken, de gepaste feedback kunnen geven...

Leraar: *Nee, je moet geen lesgeven, akkoord, maar je moet wel goed weten waar het over gaat. Ik zou dat hier niet zomaar een dag ervoor in mijn hand krijgen en daaraan moeten beginnen.*

Leraar: *En dan staat er zo heel veel achtergrond informatie. Al die moeilijke vragen dat ze stelden over de batterij, over wat gebeurt er als je teveel zonnepanelen hebt, wat gebeurt er dan met een overschot. Dus al die vragen moest je daar al op voorhand een beetje... Over ingelezen hebben.*

Anderzijds gaat het er ook over dat ze dankzij hun kennis bepaalde zaken kunnen beklemtonen en vastzetten bij de leerlingen. Het is dus belangrijk om als leraar goed voorbereid te zijn over de inhoud en de structuur van de EDUbox zodat je als leraar snel kan schakelen tussen instructies, groeperingsvormen,...

Leraar: *Zeker naar dat theoretisch deel moest je echt wel gaan sturen, want anders misten ze volledig de clou.*

Leraar: *Het is vooral, die edubox spreekt voor zich, maar die klassikale momenten hebben wel wat duiding nodig.*

Daarnaast voorziet de EDUbox ook een **geïntegreerde** manier van werken voor leraren waarbij verschillende doelen uit verschillende leergebieden aan bod komen en bereikt kunnen worden. De EDUbox maakt dat geïntegreerd werken mogelijk doordat de kennisverwerving juist vervat zit in de tool zelf en je als leraar niet zelf alle inhoud moet overbrengen. De geïntegreerde manier van werken die via de EDUbox als middel gefaciliteerd wordt, komt bij alle leraren ter sprake.

Leraar: *Maar dan, ja, dat laatste deel, deel drie, vind ik wel een heel goed deel, eigenlijk. [...] Dat is ook iets dat niet elke dag aan bod komt in onze praktijk. Je hebt je wiskunde, je hebt je taal, je hebt je wero. Maar zo heel diep gaan en concreet gaan en dan verschillende dingen gaan combineren, dat komt niet zo veel voor. Dus dan denk ik dat het wel echt een leerrijke activiteit was.*

Leraar: *Wero, wiskunde, techniek, duurzaamheid, Nederlands (begrijpend lezen – nieuwe woordenschat, luisteren, informatie halen uit door de quizjes tussendoor), het is zillig, binnencirkel Zill (bijsturen, onderzoekend leren, kritisch zijn, zelfregulerend leren, ...); er zit veel in; zeer rijk aan doelen en leeransen.*

5.4.1.2 Motiverend

Naast de inhoudelijke ondersteuning, geven de leraren ook aan dat de EDUbox aantrekkelijk is en **motiverend** werkt voor de leerlingen. De redenen die hiervoor naar voren geschoven worden zijn de afwisseling van oefeningen, videofragmenten en teksten waarbij de leerlingen zelfstandig aan de slag gaan in groepjes. Tegelijkertijd dient dit resultaat ook gezien te worden in het licht van het feit dat het eens een andere manier van werken is die motiverend werkt voor de leerlingen zoals één van de leraren aangeeft. Ondanks die nuance blijft het toch aantrekkelijk en motiverend want twee leraren benoemen zelfs dat het zonder de EDUbox niet zou lukken om deze lessen te geven omdat ze de aandacht van hun leerlingen kwijt zouden zijn.

Leraar: *Ze zijn wel zeer goed bezig met hun leerpad. Ik vind het wel aantrekkelijk en ze lezen echt wel alles deze keer.*

Leraar: *Ja, ik vind dat ook, die digitale tool is nodig om dit te kunnen verwezenlijken. Want als je uitleg zou moeten geven, dat kunnen we niet, ze zouden dit niet opnemen.*

Leraar: *Nee, omdat ik denk dat het gewoon saai zou zijn. Als je dit allemaal moet uitleggen, zeker die eerste twee dingen, is al heel theoretisch. Als je dat nou gewoon zou uitleggen in een les, denk ik dat je veel meer kinderen kwijt bent.*

Een leraar benoemt ook dat de EDUbox met de hands-on uitwerking waarbij de leerlingen een zonnepaneel moeten ontwerpen, motiverend werkt voor de leerlingen doordat de focus niet alleen op het theoretische maar ook op het praktische ligt. Hier kunnen we ook opnieuw de koppeling maken met het geïntegreerd werken. Deze EDUbox spreekt zowel leerlingen aan die eerder theoretisch sterk zijn (bij het theoretische gedeelte) als leerlingen die eerder praktijkgericht zijn ingesteld (bij het ontwerpen van het zonnepaneel), zoals in onderstaand fragment beschreven staat.

Leraar: *Ik had dat vorig jaar ook gezegd: wie is er STEM-minded? Wie heeft er aanvoelen met techniek? Voor wie is dat absoluut not done? Wie voelt zich heel comfortabel bij het theoretische,*

maar wie valt er volledig uit voor het technische deel? En soms zie je ook het omgekeerde, leerlingen die bij theoretische [uitvallen], maar van zodra dat techniek begint, dat ze echt wel bijdragen en dat ze veel meerwaarde hebben. Dus je ziet eigenlijk van alles, zowel sociaal als op het gebied van skills, talenten, dat anders misschien een beetje onder de radar blijven in het gewone onderwijs.

5.4.1.3 Gebruiksvriendelijk

De EDUbox wordt over het algemeen als **gebruiksvriendelijk** ervaren door de leraren vanwege de toegankelijkheid en overzichtelijk. De EDUbox biedt een duidelijke structuur en systematische opbouw die houvast biedt tijdens de les. De stapsgewijze opbouw en het vaste format maken het voor zowel leraar als leerling makkelijk te volgen.

Als antwoord op de vraag “wat zie je als de functie van de EDUbox?”

Leraar: *De rode draad. De houvast de... Maar het zorgt ervoor dat als ze het doel niet bereikt hebben, dus bijvoorbeeld ze hebben de toestellen niet in de juiste volgorde zitten, dan moeten ze nog een keer terug gaan kijken naar het filmpje. Dus ze worden wel degelijk in hun tempo geremd als iets niet lukt. En er zitten ook controlemiddelen ingebouwd ook. Dus ze gaan er samen mee op stap. Ze zijn verplicht om dat stap voor stap te doen.*

Leraar: *je kan meer uit je les halen, doordat het een gestructureerde opbouw heeft. De structuur en het format zorgt ervoor dat je ruimte creëert voor dingen waar je eigenlijk zou moeten op focussen, maar waar je eigenlijk in een normale STEM les, zonder zo'n leerpad, minder op kan focussen door de chaos.*

Leraar: *Op zich hebben we één vast ICT-uur per week, maar voor de rest wordt die computer misschien nog te weinig gebruikt. Maar ook omdat de programma's of de middelen eigenlijk dan ja niet echt voor handen zijn of niet goed aangepast zijn en dan is dat echt wel een gedoe terwijl dit vond ik dan wel echt dat is op maat gemaakt echt van die kinderen het zit ook wel goed in elkaar dus op dat vlak is het geen extra last voor ons eigenlijk we moeten wel rondlopen begeleiden maar eigenlijk had ik nu niet echt iets van dat is hier nu een veel intensere les dan normaal.*

In bovenstaand citaat geeft de leraar aan dat de computer nog te weinig gebruikt wordt en dat dat kan leiden tot gedoe. Dit was ook tijdens de lesobservatie duidelijk waarbij de leerlingen na 20 minuten nog bezig waren met inloggen doordat de laptop bijvoorbeeld moest updaten, de batterij plat was, de leerlingen hun inloggegevens niet meer wisten etc. Deze zaken die als gedoe worden omschreven, zorgden voor een aantal verzuchtingen en frustraties bij de leraar in bovenstaand voorbeeld. Interessant is echter dat dit geen gedeelde ervaring is bij de andere leraren, zoals de leraar in onderstaand citaat aangeeft.

Leraar: *Ik heb mij op geen enkel moment opgejaagd gevoeld. Die box was er altijd.*

Wat wel een gedeelde ervaring van de leraren is, is dat de technologie soms niet naar behoren werkt en dat kan ook frustratie opleveren dan. Zo geven leraren aan dat het PDF-bestand met de resultaten van de leerlingen te laat beschikbaar is en niet overzichtelijk is. De leraren geven aan liever meer tussentijdse inzage te hebben in de resultaten aan de hand van bijvoorbeeld een tabel of dashboard zoals bij andere leerplatformen gebeurt die daar al verder in staan.

Leraar: Nu heb je wel die pdf per groepje, maar dat is vormelijk zo chaotisch. Persoonlijk vind ik dat minder bruikbaar en dat zou veel bruikbaarder zijn als je een spreadsheet zou krijgen van 'die vraag' dat heeft ieder groepje geantwoord, of met een groen of rood vakje. Dat zou voor leraren veel waardevoller zijn om te kijken.

Leraar: Dat is wel jammer dat je niet kunt terug inloggen en dat je al je antwoorden opnieuw hebt. Op dat vlak is de tool nog niet... ..ideaal. zoals bingel of een scoodle die daar al heel ver in staat, die dat mooi opslaan.

Leraar: Dan heb je die pdf waar je achteraf wel die controle mee kan gaan uitvoeren, maar eigenlijk komt die pdf misschien op een verkeerd moment. Je zit al in fase 3 van je project. Stel dat je op het einde ziet van: oei, het is een groep waarvan je dacht dat ze goed functioneerde. Maar ik zie eigenlijk van absoluut niet. Maar je project is voorbij. Wat moet je zeggen: keer terug naar het begin.

[...]

Als je er een eindvaluatie aan koppelt, dan is het interessant, maar dat zegt niet alles; tijdens is het relevant, achteraf is het eigenlijk te laat. Dan is het vijgen na pasen, tenzij je het nodig hebt voor een eindevaluatie.

5.4.1.4 Ontlastend

Ten slotte benoemen alle leraren in de interviews dat de EDUbox **ontlastend** werkt. De EDUbox stimuleert immers zelfstandig groepswork en houdt rekening met formatief handelen en de didactiek van onderzoekend leren, waardoor de leraar minder hoeft te sturen op die didactische kaders en meer aandacht kan besteden aan andere zaken zoals observeren, evalueren, extra uitleg geven, verdiepend werken ... Door het gebruik van de EDUbox die als ontlastend wordt beschreven, komt er volgens de leraren ruimte vrij om zich te focussen op die andere zaken.

Leraar: Dat wil zeggen dat heel veel gedaan wordt en wordt overgenomen door de tool. [...] Het geeft je extra ruimte.

Leraar: De tool ontlast van andere taken. Waardoor je die taak meer kan opnemen. Dus dat is dat stuk van die evaluatie, dat creëert meer ruimte en mogelijkheden.

De EDUbox als middel ondersteunt de leraren enerzijds tijdens het onderzoekend leren en formatief handelen, en anderzijds doordat het inhoudelijk en geïntegreerd werken ondersteunt en motiverend, gebruiksvriendelijk en ontlastend werkt. Bij het kenmerk 'ontlastend' geven leraren aan dat er ruimte vrij komt voor andere zaken doordat de EDUbox zaken overneemt. Het is precies deze ervaring die valt onder de bemiddelende werking van educatieve technologie en meer concreet de EDUbox in dit geval. In het volgende stuk delen we de resultaten met betrekking tot de bemiddelende werking van de EDUbox.

5.4.2 De EDUbox als bemiddelend

De voorbeelden uit de vorige delen tonen hoe de EDUbox als 'middel' ingezet kan worden in het onderwijs maar uit de literatuurstudie blijkt dat (educatieve) technologie ook 'bemiddelend' werkt. In dit laatste stuk rapporteren we over de resultaten met betrekking tot de bemiddelende rol van de educatieve technologie aan de hand van verschillende rollen voor leraren die bemiddeld worden door de educatieve technologie. Het ontlastende fenomeen van de EDUbox als middel, toonde al aan dat de EDUbox bemiddelend werkt maar ook volgende uitspraak van de leraar bevestigt dit.

Als antwoord op de vraag “Zijn er nog andere zaken, waarvan je zegt, dat is wel nieuw voor mij, of dat is iets anders dan dat ik gewoon ben?”

Leraar: *Oh, zo een beetje het doen. Vooral, ik ben zo meer... Ik ben eigenlijk een beetje ouderwets op dat vlak. [...] Dus ja, ik noem mijn lesstijl zelf een beetje ouderwets, maar degelijk. Maar dan zo echt dingen gaan... Zelf actief op zoek gaan om dan dingen te gaan doen. En in groepjes en met materiaal. En dat ga ik zo niet rap doen. Niet uit luiheid, maar dat ligt mij gewoon ook minder. Dus ik denk dat dan als dingen zoals dit meer voorhanden zijn, dat dat wel... Dan zou ik dat echt wel meer gaan doen. Dat je zo weet van oké, en dat is kwalitatief, dat is goed. Ja, dan zou ik dat wel... Om de zoveel tijd, stel dat er een paar zijn, zou ik er wel een paar per jaar een keer hop, hop, hop. Ja, dus ik vind het zeker wel iets positiefs. En ja als je kijkt naar het middelbaar, ze hebben daar al heel wat uitgewerkt. Dus op dat vlak vind ik het positief dat ze nu aan het kijken zijn om ook voor het lager onderwijs meer daarin te investeren.*

In bovenstaand voorbeeld geeft de leraar duidelijk aan dat hij door de EDUbox op een andere manier lesgeeft dan dat hij normaal doet. Dit op een andere manier lesgeven is een sprekend voorbeeld van hoe educatieve technologie zoals de EDUbox bemiddelend werkt. In wat volgt lichten we deze bemiddelende werking verder toe aan de hand van een aantal rollen die bemiddeld worden bij leraren door de EDUbox.

5.4.2.1 Instructeur

Hoewel de EDUbox als gebruiksvriendelijk wordt ervaren, geven de leraren aan dat het zeker niet op zich kan staan. Zo geven de leraren aan dat er zeker nog klassikale momenten nodig zijn waarbij de leraar extra duiding en instructies kan geven. Vandaar dat we deze rol omschrijven als instructeur. De rol van instructeur komt vooral tot uiting tijdens de klassikale besprekingen in de EDUbox maar ook om het materiaal te duiden of wanneer de criteria niet meer duidelijk zijn voor de leerlingen.

Leraar: *Het is vooral, die EDUbox spreekt voor zich, maar die klassikale momenten hebben wel wat duiding nodig.*

Leraar: *Daarom vind ik het belangrijk om in die fase een extra woordje uitleg geeft en eventueel op kunt inpikken.*

Leraar: *Zie, dat heb ik ook besproken. Wat bedoelen ze met die criteria? Ik heb uitgelegd [wat een] scherpe hoek [is]. Hoe gaan we dat testen straks, dat het een scherpe hoek is? Ah er ligt hier een geodriehoek bij het materiaal. Voilà, we hebben een geodriehoek.*

Een leraar geeft aan dat ze dit klassikaal bespreken wat te weinig heeft gedaan waardoor de leerlingen op een bepaald moment niet meer door hadden dat ze een zonnepaneel moesten bouwen voor een plat dak. Dit toont ook het belang van de leraren aan om nog steeds instructies te geven en bij momenten de klasgroep samen te nemen. Zoals reeds aangeven staat de EDUbox niet op zichzelf, maar moet je als leerkracht voldoende inhoudelijk en organisatorisch voorbereid zijn om te kunnen inschatten wanneer instructies, klassikale momenten,... nodig zijn.

Leraar: *Ik moest gezegd hebben, je moet eerst ontwerpen, de dingen benoemen, het materiaal nog een keer benoemen, denk ik ook. En wat is het probleem nu weer? Want inderdaad, sommigen hadden niet meer door dat dat ging over een plat dak.*

5.4.2.2 Klasmanager

Een andere rol die bemiddelt wordt door de EDUbox, kunnen we benoemen als 'klasmanager'. In de ruimte die vrijkomt dankzij het gebruik van de EDUbox geven leraren aan dat ze meer ruimte hebben om het reilen en zeilen van de klas in goede banen te leiden. Onder het reilen en zeilen van de klas valt het observeren, het overzicht behouden en bijsturen naar samenwerking toe en ten slotte het differentiëren zodat iedereen tot een eindresultaat komt.

Zo geven leraren aan dat ze dankzij de EDUbox meer ruimte krijgen om te **observeren**.

Leraar: *En eigenlijk is het [de EDUbox] iets waardoor je zelf ruimte hebt. gewoon een keer observeren. Terwijl je anders daar eigenlijk de tijd niet voor hebt. Gewoon een keer 2-3 minuten achter een groep gaan staan en kijken hoe doen ze het, wat doen ze, waarom doen ze het.*

Leraar: *Nu heb je de ruimte om te observeren naar samenwerking toe en om bij te sturen, wat je anders in een STEM-les zonder zo'n tool niet hebt. Of wel hebt maar dan heel vluchtig en beperkt. Dat creëert ruimte voor dingen die je zelf kan invullen. Ga ik nu focussen op samenwerken of hierop? Het geeft je extra ruimte.*

Naast het observeren wordt het voor leraren ook mogelijk gemaakt om **overzicht** te hebben op de (samen)werking binnen de verschillende groepen en daarbij **bij te sturen** indien nodig aangezien ze niet het gevoel hebben op verschillende plaatsen tegelijk nodig te zijn doordat de EDUbox zaken overneemt.

Leraar: *En dan vind ik de EDUbox daar wel redelijk in geslaagd. Voor ons is het gemakkelijk om te zeggen van kijk nog een keer hier, doe nog een keer dit. Je hoeft daarom geen volledige uitleg van te doen. En met een half minuutje interactie kan je ze weer op weg helpen. Dus daarvoor is dat eigenlijk ideaal. Dus daardoor lukt het ook om vijf groepen te managen. Natuurlijk dankzij [de stagiair] ook, maar het zou ook wel lukken als ik hier alleen zou zijn. Maar zonder die EDUbox, vergeet het. Dan wordt het een soep want je ziet ook hoe slordig de werkblaadjes ingevuld zijn. Als er nog meer dingen moeten worden opgeschreven, dan verdrinkt alles in de grote info-soep, dus het heeft zeker een meerwaarde.*

Leraar: *De structuur en het format zorgt ervoor dat je ruimte creëert voor dingen waar je eigenlijk zou moeten op focussen, maar waar je eigenlijk in een normale STEM les, zonder zo'n leerpad, minder op kan focussen door de chaos. Chaos is een groot woord, maar omdat je overal tegelijkertijd vaker nodig bent. Ook al hebben ze een werkblad met stappen, het is toch anders dan een tool die jou echt stap voor stap naar iets brengt.*

Één leraar geeft echter aan dat de EDUbox niet gezorgd heeft voor een andere aanpak op gebied van groepswork.

Leraar: *Hm, ik denk niet echt. Ik had wel op voorhand, je hebt dat altijd, bepaalde groepjes dat ik echt wel wist van dit komt goed. Echt wel bijna volledig vertrouwen en dan andere groepjes dat je op voorhand weet van daar ga ik echt wel regelmatig moeten langs gaan en die moet ik echt wel een beetje vanuit mijn ooghoek in de moet houden. Maar op zich heb ik gedaan wat ik normaal ook wel doe.*

Ten slotte geven leraren aan dat ze met de EDUbox vlot kunnen **differentiëren** door in te spelen op de verschillen tussen de leerlingen waarbij het mogelijk is om alle leerlingen tot een eindresultaat te laten komen. Dit heeft niet zozeer te maken met het managen van de samenwerking tussen de leerling maar eerder met het managen van het tempo waarmee leerlingen werken.

Leraar: *Dat ze zelfstandig bezig zijn en dat je niet altijd moet tussenkomen als leraar. En dat ze meer op hun eigen tempo kunnen gaan. Dat je die heel knappe groepjes kunnen rapper gaan. [...] Maar er zijn ook mogelijkheden. Eén groepje maakt er één [cf. zonnepaneel], andere groepjes maken er drie, andere groepjes maken er twee, andere groepjes moeten ook aan elkaar vast gaan maken. Dus je kunt daar wel mee spelen om te zorgen dat je qua timing op hetzelfde moment binnenkomt.*

Leraar: *Dan kan je perfect zeggen van, kijk, sta een keer recht, we gaan een keer gaan loeren. Een keer kijken bij een ander groepje. Ze keren terug en gaan vragen, kijk, wat hebben zij nu eigenlijk gaan gebruiken? Ze hebben de chenilledraad in de rietjes gestoken, of ze gebruiken die driehoekige structuur. Dus eigenlijk zijn er voldoende dingen voorhanden om te zorgen dat gelijk welke groep wel tot een resultaat komt.*

Leraar: *Tijdens, ik heb nu ook op mijn computer prowise geopend waar ik iedereen zijn scherm kan zien. En dan zie je ook: ah die loopt voor, die loopt achter, en dat helpt ook wel. Dat is een snel hulpmiddel van 'oei die zijn aan het sukkelen, ik ga eens gaan kijken'; of 'die zijn zeer snel bezig'. Als ze te snel gaan, eens checken, ben je wel alles aan het noteren, aan het tekenen op je plan...*

Leraar: *Je gaat bijsturen naar samenwerking, extra kritisch denken, ... maar als leraar moet je kijken: aja die zijn goed op weg, die moet ik niet helpen, die zijn aan het sukkelen, ik ga vooral daar gaan bijsturen. Maar dat je niet standaard hetzelfde doet voor iedereen als: Ik geef uitleg over 'wat is energie', wat is watt, en iedereen moet meevolgen. Je kan echt de leerlingen zelfstandig laten werken en zelf zien en aanvoelen wie welke bijsturing nodig heeft.*

5.4.2.3 Evaluator

Een derde rol die bemiddeld wordt, is de rol van evaluator. Hoewel heel wat zaken reeds geëvalueerd worden door de EDUbox, blijkt dat de leraren nog steeds ook een rol als evaluator hebben zoals onderstaande uitspraak aantoont.

Leraar: *Leraar als evaluator, doet de tool deels, door meteen feedback te geven. Dat doen zij ook door zichzelf te gaan evalueren. Dus dat vind ik ook dat een heel groot deel wordt opgenomen en de verantwoordelijkheid wordt gelegd bij de leerling en de tool zelf en dat geeft je de ruimte om mogelijks andere dingen te observeren of te evalueren.*

In de uitspraken van de leraren wordt bevestigd wat we reeds eerder hebben toegelicht omtrent formatief handelen, nl. dat het evalueren voor een stuk wordt overgenomen door de EDUbox. Tegelijkertijd haalt de leraar aan dat niet alles geëvalueerd kan worden in de EDUbox. De leraar spreekt over 'andere dingen observeren of evalueren'. In de interviews met de andere leraren komt dit ook aan bod.

Zo bestaat de rol van evaluator eruit dat leraren zich richten op het begrip van de leerlingen waarbij de leraar **de kritische blik** van de leerlingen stimuleert door vragen te stellen.

Leraar: Maar een kind is nog altijd niet mega kritisch voor zichzelf. En ik heb wel een paar keer gezegd van, wees meer kritisch voor jezelf, is het stevig?

Leraar: Daar moet je als leraar wel oog voor hebben om bij te sturen en hen daar kritischer doen over laten nadenken.

Daarnaast gaat de leraar ook zaken evalueren die **moeilijk te evalueren** zijn in de EDUbox zoals bijvoorbeeld het ontwerp of product.

Leraar: Als het gaat over het aantal zonnepanelen, dat is juist of niet juist, dat kan een tool overnemen. Maar hoe een ontwerp of product er uit ziet, dat kan je niet overnemen, dat is enkel mogelijk door de leraar.

Daarnaast betekent de rol van evaluator ook dat de leraar **opvolgt** of de leerlingen de EDUbox volledig doorlopen. De STOP-momenten die in de EDUbox vervat zitten, zijn hiervoor ook heel dankbaar.

Leraar: Eigenlijk zie ik mij vooral als een controlerende factor. Anders is het klik, klik, klik, klik. En dat moet je eigenlijk al op voorhand heel goed duidelijk maken van: kijk, gastjes, het is echt wel de bedoeling dat je alles gaat gaan lezen.

Leraar: En daar zijn wij als leraar heel belangrijk bij, om te zorgen dat ze effectief de stapjes zetten dat ze volgens de edubox moeten zetten. [...] Ze kunnen natuurlijk ook gokken, maar dan ben je er als leraar bij om te kijken. [...] Wel zorgen dat je goed in het oog houdt, dat ze die stapjes wel doen. Want dat kan je niet in een edu-box krijgen dat de leraar daar niet voor nodig is. Dat kan niet.

Leraar: Ik ga ook bij iedere groep op dat stopmoment gaan kijken. Achter dit stopmoment gaan controleren.

5.4.2.4 Begeleider

Ten slotte bespreken we nog een vierde rol die bemiddeld wordt door het gebruik van de EDUbox, namelijk de rol als begeleider. Door met de EDUbox aan de slag te gaan, geven leraren aan dat de klemtoon verschuift van het overbrengen van inhoud naar het begeleiden van de leerlingen tijdens het doorlopen van de EDUbox.

Leraar: Begeleidende rol eerder, ondersteunende rol. [...] Ik heb al gezegd, ik begeleid de kinderen. Ik moet geen les geven, maar ik begeleid de kinderen in de EDUbox.

Onder dit begeleiden valt bijvoorbeeld het op weg helpen van de leerlingen door **vragen te stellen**. Door het gebruik van de EDUbox is er voor de leraren meer ruimte om die vragen te stellen. Zoals beschreven in ons conceptueel kader zijn het stellen van goede denk-en doe-vragen essentieel om leerlingen te ondersteunen in hun STEM-vaardigheden en zijn deze vragen een belangrijk onderdeel in het formatief handelen om informatie te verzamelen over waar de leerlingen staan en je begeleiding hierop te kunnen afstemmen.

Leraar: *Vragen stellen. Ja, vragen stellen of een keer... We gaan er toch op wijzen dat ze goed de opdracht lezen. En zeker niet te snel gaan, [...] Ja en zo een keer een bijvraagje gaan stellen en om ze zo op weg te helpen. En dan zie je wel van, oké, dan hebben ze het fit en dan zijn ze terug vertrokken. Af en toe haperen ze zo'n beetje.*

Leraar: *Het was echt nodig. Ik heb dat wel constant gedaan, zo'n beetje vragen gesteld om niet het antwoord te zeggen maar toch al een klein beetje te sturen.*

Leraar: *Dan zeg ik bijvoorbeeld van kijk, er is een bepaalde figuur dat ze vaak gaan gebruiken in de bouwkunde om te zorgen dat dingen stevig zijn. Parallel, maar nee, een trapeze, maar nee. En ja, een driehoek, dan beginnen ze een driehoek te maken, maar ze maken eigenlijk gewoon een hoek. Dan moet je eigenlijk duidelijk maken, van 'je hoeken hangen hier nu te flapperen, hoe zou je nu kunnen zorgen dat je hoeken hier niet flapperen, dat je echt tot een stevige geheel komt. Ah, oké. Ik zeg, we hebben gezegd welke figuur we nodig hebben. Is dat hier nu een driehoek? Ah ja, nee. Wat ontbreekt er nog? Ah ja, er ontbreekt eigenlijk nog een extra zijde. Dus echt stapsgewijs daar naartoe werken.*

Ook het **verbinden** van de EDUbox met **vorige lessen of eerder verworven kennis** is een belangrijke functie van de leraren.

Leraar: *Maar je ziet, ze halen dat niet vanzelf terug. Dus daarom ook dat de leraar belangrijk is, om te zeggen 'ah, weet je nog die les kan je daar iets van gebruiken'.*

Een leraar benoemt dat ze de link met eerder verworven kennis te weinig heeft gedaan en ziet dit van zichzelf als een gemiste kans. Ondanks dat ze het niet heeft gedaan, stipuleert ze wel aan dat dit een belangrijke rol is van de leraar aangezien ze het als een gemiste kans ziet dat ze het niet heeft gedaan.

Leraar: *Daar vind ik zelf dat ik wat kansen heb gemist. Ik had nog bij meer groepjes moeten verwijzen naar onze vorige STEM les met de onderzoeken naar verbinding, vormen, welke vorm is stevig. Zodat ze die voorkennis zouden hebben om die opstelling te maken van de driehoek.*

Daarnaast geven leraren ook aan dat ze extra inzetten op het **verbinden** van de EDUbox met **de leefwereld**.

Leraar: *Dat [link met de werkelijkheid en leefwereld] is eigenlijk wel noodzakelijk om ze mee te hebben, want anders ga je ze niet mee hebben in het verhaal. Dat moet ook met de werkelijkheid, want het is de werkelijkheid. Ja, dat is een beetje... [...] Dat je naar het dak gaat gaan kijken. Ik weet niet wat ze daar boven gedaan hebben. Dat je hier gewoon een keer gaat kijken wat er ligt. Daar liggen er zonnepanelen op. Ik vind dat super interessant. Ze zeggen het ook altijd, je moet de link zo dicht mogelijk leggen.*

We concluderen dat de EDUbox een voorbeeld is van een educatieve technologie die in lijn met het conceptueel kader enerzijds als middel werkt om bepaalde doelen te bereiken maar anderzijds ook bemiddelend werkt. Als middel werkt de EDUbox door inhoudelijk en geïntegreerd werken mogelijk te maken waarbij de EDUbox motiverend, gebruiksvriendelijk en ontlastend wordt ervaren. Doordat het de leraren van bepaalde zaken ontlast, betekent dit dat er ruimte vrijkomt voor andere zaken. Dit ontlasten en vrijkomen van ruimte wijst op de bemiddelende werking van de EDUbox waardoor leraren andere zaken doen. We verduidelikten dit aan de hand van vier rollen die bemiddeld werden: instructeur, klasmanager, evaluator en begeleider.

6 Conclusie en discussie

In STEM-onderwijs is het moeilijk om zicht te krijgen op het beheersingsniveau van complexe STEM-vaardigheden bij leerlingen zoals bijvoorbeeld voorspellen, plannen, gegevens analyseren, concluderen...(Reynolds, O’Leary, Brown, & Costello, 2020; Dejonckheere, Vervaet, & Van de Keere, 20216). Hierdoor is het voor leraren een uitdaging om hun begeleiding af te stemmen op het beheersingsniveau en leerproces van de leerlingen. Om hierop zicht te krijgen, kunnen de kernstrategieën van formatief handelen toegepast worden (William & Leahy, 2018). Door gegevens over het leerproces te verzamelen via het formatief handelen kan het leerproces zichtbaar gemaakt worden. Op basis daarvan kunnen er dan bijvoorbeeld didactische beslissingen genomen worden door de leraar en kunnen leerlingen meer inzicht krijgen in hun eigen leerproces m.b.t. hun STEM-vaardigheden. Daarnaast kan educatieve technologie ondersteuning bieden door inzicht te geven in de leerprocessen en kan het bepaalde elementen van beide didactische aanpakken overnemen (Devlieger, et al., 2024; Cusi, Morselli, & Sabena, 2017). De educatieve technologie verlicht zo de complexiteit voor leraren maar dit brengt tegelijk ook een rolverandering voor leraren met zich mee (Feldman & Capobianco, 2008; Verbeek, 2014).

Vanuit de oorspronkelijke uitdaging en nood om STEM-vaardigheden te evalueren en aangevuld vanuit inzichten uit de literatuur, werd volgende onderzoeksvraag geformuleerd: ***‘Hoe kan STEM-onderwijs vormgegeven worden aan de hand van formatief handelen en met behulp van educatieve technologie zodat de STEM-vaardigheden van leerlingen (2^e-3^e graad lager onderwijs) in kaart worden gebracht?’***.

Om hierop een antwoord te bieden, werd een ontwerponderzoek uitgevoerd volgens het Education Design Research-model van McKenney en Reeves (2012) dat bestaat uit drie fasen: een analyse- en exploratiefase, een ontwerp- en constructiefase en een evaluatie- en reflectiefase. Doorheen deze drie fasen is er een groeiende aandacht voor implementatie en verspreiding. Tijdens de verschillende fasen van het ontwerponderzoek werd nauw samengewerkt met acht leraren uit drie verschillende basisscholen, de educatiedienst van VRT en Brightlab om de EDUbox ‘Energie’ voor het lager onderwijs te ontwikkelen. Aan de hand van observaties en audio-opnames tijdens de lessen en semi-structureerde interviews na de lessen werd in kaart gebracht hoe formatief handelen de STEM-didactiek kan versterken en hoe educatieve technologie (de EDUbox) hierin kan ondersteunen. Het antwoord op de onderzoeksvraag is driedelig.

(1) In een eerste stap werd **de literatuur rond formatief handelen in STEM** verdiepend bestudeerd, met aandacht voor raakvlakken en wederzijdse versterking. Vooral bij twee pijlers van onderzoekend leren—‘denk- en doe vragen’ en ‘reflectie en interactie’—komen duidelijke verbanden naar voren.

In het licht van formatief handelen kunnen denk- en doe vragen als middel gezien worden om informatie te verzamelen over waar de leerlingen nu staan, om feedback te geven en kunnen deze vragen ook aangepast worden in functie van de vervolgacties die moeten ondernomen worden. Dit gebeurt voortdurend doorheen een STEM-activiteit. Als leraar stap je immers mee in het onderzoek- en ontwerpproces van de leerlingen waarbij je hen observeert en je voortdurend afvraagt of en hoe je moet begeleiden en bijsturen (Vervaet, 2020).

Ook de pijler ‘reflectie en interactie’ sluit nauw aan bij formatief handelen: leerlingen kunnen reflecteren op verwachtingen, in interactie gaan om inzichten te delen, waarna deze input richting geeft aan communicatie (bv. bepaalde feedback) en vervolgacties. Via het delen van ideeën, meningen, bevindingen, ervaringen... wordt het onderzoeks- en ontwerpproces van de leerlingen opgebouwd en kunnen hun STEM-vaardigheden worden gestimuleerd. Wanneer leerlingen hun gedachten en

handelingen onder woorden proberen te brengen, worden ze zich bewuster van het eigen denken en handelen (en dat van anderen) (Dejonckheere, Vervaeke, & Van De Keere, 2016). Ook als leraar kan je hierdoor een (beter) beeld krijgen van het leerproces van de leerlingen.

(2) Een tweede vraag is hoe dit theoretisch en didactisch kader kan vertaald worden naar concreet lesmateriaal voor leraren en op welke manier de STEM-vaardigheden van de leerlingen hierin ondersteund worden. Als antwoord hierop werd de **EDUbox 'Energie'** voor het lager onderwijs ontwikkeld. Tijdens het doorlopen van de EDUbox worden de **STEM-vaardigheden** van leerlingen aangesproken. Het **formatief handelen** ondersteunt de ontwikkeling van deze STEM-vaardigheden doordat het de leraar helpt gericht zicht te krijgen op het leerproces van leerlingen en hierop doordacht in te spelen. Formatief handelen maakt deze vaardigheden meer zichtbaar door systematisch bewijs van leren te verzamelen.

Zo gebruikt de leraar denk- en doevragen, observaties, quizvragen en interactiemomenten om te achterhalen waar leerlingen staan in hun STEM-vaardigheid (bijv. hun redenering tijdens voorspellen of analyseren). Door leerlingen hun denken te laten verwoorden, wordt hun leerproces expliciet gemaakt. Op basis van de verzamelde informatie kan de leraar gerichte feedback geven over de inhoud, de gekozen aanpak, het onderzoeks- en ontwerpproces... De verzamelde informatie helpt de leraar ook beslissen welke ondersteuning leerlingen nodig hebben: extra denk vragen, differentiatie, verdieping of herhaling. De ondersteuning van de STEM-vaardigheden zit dus enerzijds vervat in de EDUbox zelf, maar ligt ook voor een groot deel in handen van de leraar.

(3) Ten slotte werd ook onderzocht **hoe de leraren dit begeleidingsproces ervaren**. Het doel van de educatieve technologie in dit project was om de leraar te ondersteunen in de complexiteit en veelheid van de didactische aanpakken (didactiek van onderzoekend leren en formatief handelen). Uit het onderzoek concluderen we dat de EDUbox enerzijds als **middel** werkt door inhoudelijk en geïntegreerd werken mogelijk te maken waarbij de EDUbox ook motiverend, gebruiksvriendelijk en ontlastend wordt ervaren. Doordat de leraren van bepaalde zaken ontlast worden, betekent dit dat er ruimte vrijkomt voor andere zaken. Dit ontlasten en vrijkomen van ruimte wijst op de **bemiddelende** werking van de EDUbox waardoor leraren andere zaken doen. Uit het onderzoek konden er vier rollen van de leraar geïdentificeerd worden die bemiddeld worden door het gebruik van educatieve technologie: **instructeur, klasmanager, evaluator en begeleider**. Zo zal de leraar een belangrijke rol spelen om doelen en (begrip van de) opdrachten te herhalen, blijven klassikale besprekingen noodzakelijk, wordt er ruimte gemaakt voor de leraar om te observeren, bij te sturen, te differentiëren, verdiepende denk- en doevragen te stellen en overzicht te behouden. Als leraar is het ook belangrijk om een kritische blik te stimuleren bij de leerlingen. Ten slotte verdiep je als leraar de inhoud van de EDUbox door linken te leggen met opgedane kennis en vaardigheden en met de leefwereld van de leerlingen.

Bovenstaande resultaten tonen hoe de kaders van onderzoekend leren en formatief handelen concreet kunnen worden vertaald in een digitaal lespakket voor leraren. Het onderzoek geeft enkele interessante inzichten mee. Toch kunnen we ook kritisch naar dit onderzoek kijken. De resultaten zijn gebaseerd op acht leraren waardoor de externe validiteit beperkt is. De uitspraken zijn vooral geldig voor de deelgenomen leraren en een ruimere steekproef is nodig om conclusies te maken voor een grotere groep leraren. Daarnaast zijn de gevonden resultaten van toepassing op de uitrol van een specifieke tool, namelijk de EDUbox Energie voor het lager onderwijs. Er kunnen dus geen uitspraken gedaan worden over het gebruik van andere digitale middelen of van andere EDUboxen. Ten slotte merken we ook op dat het correct inzetten en begeleiden van de EDUbox inzicht en voorbereiding vraagt van de leraar. In dit onderzoeksproject werden de leraren hierin ondersteund door de onderzoekers. Het zou interessant zijn om verder te onderzoeken hoe de EDUbox wordt ervaren en begeleid door leraren die dit zelfstandig doornemen.

7 Referenties

- Beatty, I., Gerace, W., Feldman, A., & Leonard, W. (2008). Technology-Enhanced Formative Assessment: An Innovative Approach to Student-Centered Science Teaching. *Proceedings of the Association for Science Teacher Education (ASTE) International Conference*, (p. 34). St. Louis, MO.
- Bennett, R. (2011, Februari). Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education Principles Policy and Practice*, pp. 5-25.
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the Theory of Formative Assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, pp. 5-31.
- Clow, D. (2013). An overview of learning analytics. *Teaching in Higher Education*, pp. 683–695.
- Cowie, B., & Harrison, C. (2020). The what, when & how factors: reflections on classroom assessment in the service of inquiry. *International Journal of Science Education*, pp. 449–465.
- Cusi, A., Morselli, F., & Sabena, C. (2017). Promoting formative assessment in a connected classroom environment: design and implementation of digital resources. *ZDM Mathematics Education*, pp. 755–767.
- D'haese, D., Van Gasse, R., Vanhoof, J., & Montero Perez, M. (2023). *Conceptualiseren, ontwikkelen en valideren van een professionaliseringstool evaluatie*.
- de Feyter, K., & Bernaerts, E. (2017, mei). *Formatief toetsen: Wat, waarom, hoe?* Opgehaald van [www.uantwerpen.be](https://www.uantwerpen.be/nl/centra/expertisecentrum-hoger-onderwijs/didactische-info/onderwijstips-chronologisch/archief/formatief-toetsen/): <https://www.uantwerpen.be/nl/centra/expertisecentrum-hoger-onderwijs/didactische-info/onderwijstips-chronologisch/archief/formatief-toetsen/>
- Decuypere, M. (2020). Wie geeft, wie neemt en wie heeft de bevoegdheid om vorm en richting te geven aan afstandsonderwijs? *ACV-COC*, pp. 12-15.
- Dejonckheere, P., Vervaeke, S., & Van De Keere, K. (2016, juli). STEM-didactiek in het kleuter- en lager onderwijs: het PK-model. pp. 1-19.
- Departement Onderwijs en Vorming. (2015). *STEM-Kader voor het Vlaamse onderwijs: principes en doelstellingen*.
- Devid, V., & Kneyber, R. (n.d.). *8 beweegredenen voor formatief handelen*. Opgehaald van Toetsrevolutie: <https://toetsrevolutie.nl/poster/8-beweegredenen-voor-formatief-handelen/>
- Devlieger, K., Schaffler, J., Vervaeke, S., Coussemont, S., Van De Keere, K., & Vanderlinde, R. (2024). Integratie van educatieve technologie ter verrijking van STEM-onderwijs : een methodiek 'DIGISTEM' voor de lerarenopleidingen kleuter- en lager onderwijs/primair onderwijs. *Tijdschrift voor Lerarenopleiders*, pp. 103-120.
- Dolin, J., Black, P., Harlen, W., & Tiberghien, A. (2018). Exploring Relations Between Formative and Summative Assessment. *Transforming Assessment* , pp. 53-80.
- Expertisecentrum Onderwijsinnovatie. (2021). *STEM & evaluatie: hoe STEM-competenties in het basisonderwijs in kaart brengen*.
- Feldman, A., & Capobianco, B. (2008). Teacher Learning of Technology Enhanced Formative Assessment. *Journal of Science Education and Technology*, pp. 82–99 .

- Gulikers, J., & Baartman, L. (2017). *Doelgericht professionaliseren: formatieve toetspraktijken met effect! Wat DOET de docent in de klas?*
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, pp. 81-112.
- Hooker, T. (2017, Oktober). Transforming teachers' formative assessment practices through ePortfolios. *Teaching and Teacher Education*, pp. 440-453.
- Jeskova, Z., Lukac, S., Snajder, L., Guniš, J., Klein, D., & Kireš, M. (2022, Oktober). Active Learning in STEM Education with Regard to the Development of Inquiry Skills. *Education Sciences*.
- Kaya-Capocci, S., O'Leary, M., & Costello, E. (2022). Towards a Framework to Support the Implementation of Digital Formative Assessment in Higher Education. *Education Sciences*.
- Kneyber, R., Sluijsmans, D., Devid, V., & López, B. W. (2022). *Formatief handelen: van ontwerp naar instrument*. Culemborg: Phronese.
- Leahy, S., Lyon, C., Thompson, M., & Wiliam, D. (2005, November). Classroom Assessment: Minute by Minute, Day by Day. *Educational Leadership*, pp. 18-24.
- Long, P., & George, S. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *Educause Review*, pp. 31-40.
- Looney, J. (2019). *Digital Formative Assessment: A Review of the Literature*.
- McKenney, S., & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. London en New York: Routledge.
- Panero, M., & Aldon, G. (2016). How Teachers Evolve Their Formative Assessment Practices When Digital Tools Are Involved in the Classroom. *Digital Experiences in Mathematics Education*, pp. 70-86.
- Peterson, B., & Hipple, B. (2020). Formative assessment in hands-on STEM education. In C. Martin, D. Polly, & R. Lambert, *Handbook of Research on Formative Assessment in Pre-K Through Elementary Classrooms* (pp. 165-193).
- Proev. (2023). Opgehaald van Proev: www.proev.be
- Reynolds, K., O'Leary, M., Brown, M., & Costello, E. (2020). *Digital Formative Assessment of Transversal Skills in STEM: A Review of Underlying Principles and Best Practice*. Dublin: Dublin City University.
- Schwendimann, B., Rodríguez-Triana, M., Vozniuk, A., Prieto, L., Boroujeni, M., Holzer, A., . . . Dillenbourg, P. (2017). Perceiving Learning at a Glance: A Systematic Literature Review of Learning Dashboard Research. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, pp. 30-41.
- Sluijsmans, D., & Segers, M. (2018). *Toetsrevolutie: Naar een feedbackcultuur in het hoger onderwijs*. Phronese.
- Stichting Leerplan Ontwikkeling. (2021, juni 21). *Aan de slag met formatief evalueren*. Opgehaald van www.slo.nl: <https://www.slo.nl/thema/meer/10-14-onderwijs/werken-leerdoelen/slag-formatief-evalueren/>
- Stichting Leerplan Ontwikkeling. (2023, november 7). *Taxonomie van Bloom*. Opgehaald van www.slo.nl: <https://www.slo.nl/thema/meer/talentontwikkeling/rijke-leeromgeving-activiteiten/taxonomie-bloom/>

- Stichting Leerplan Ontwikkeling. (2024, juni 10). *Formatief Evalueren*. Opgehaald van [www.slo.nl: https://www.slo.nl/thema/meer/formatief-evalueren/](https://www.slo.nl/thema/meer/formatief-evalueren/)
- Van De Keere, K., & Neyrynck, G. (2020). *Sterk in STEM: inspiratiegids voor het lager onderwijs*. Leuven: Acco.
- Verbeek, P.-P. (2014). *Op de vleugels van Icarus: Hoe techniek en moraal met elkaar meebewegen*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Verbeek, P.-P. (2019). *De grens van de mens: over techniek, ethiek en de menselijke natuur*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Vervaeke, S. (2020). *Sterk in STEM: inspiratiegids voor het kleuteronderwijs*. Leuven: Acco.
- Vlaamse Onderwijsraad. (2021). *Naar een nieuw STEM-beleid*.
- Vlieghe, J. (2024). *Wat een leraar tot leraar maakt*. Leuven: Lannoo Campus.
- Wiliam, D. (2016, April). The Secret of Effective Feedback. *Educational Leadership*, pp. 10-15.
- Wiliam, D., & Black, P. (1996). A Basis for Distinguishing Formative from Summative Functions of Assessment. *British Educational Research Journal*, pp. 537-577.
- Wiliam, D., & Leahy, S. (2015). *Embedding Formative Assessment: Practical Techniques for K-12 Classrooms*.
- Wiliam, D., & Leahy, S. (2018). *Formatieve assessment integreren in de praktijk*. Rotterdam: Bazalt.