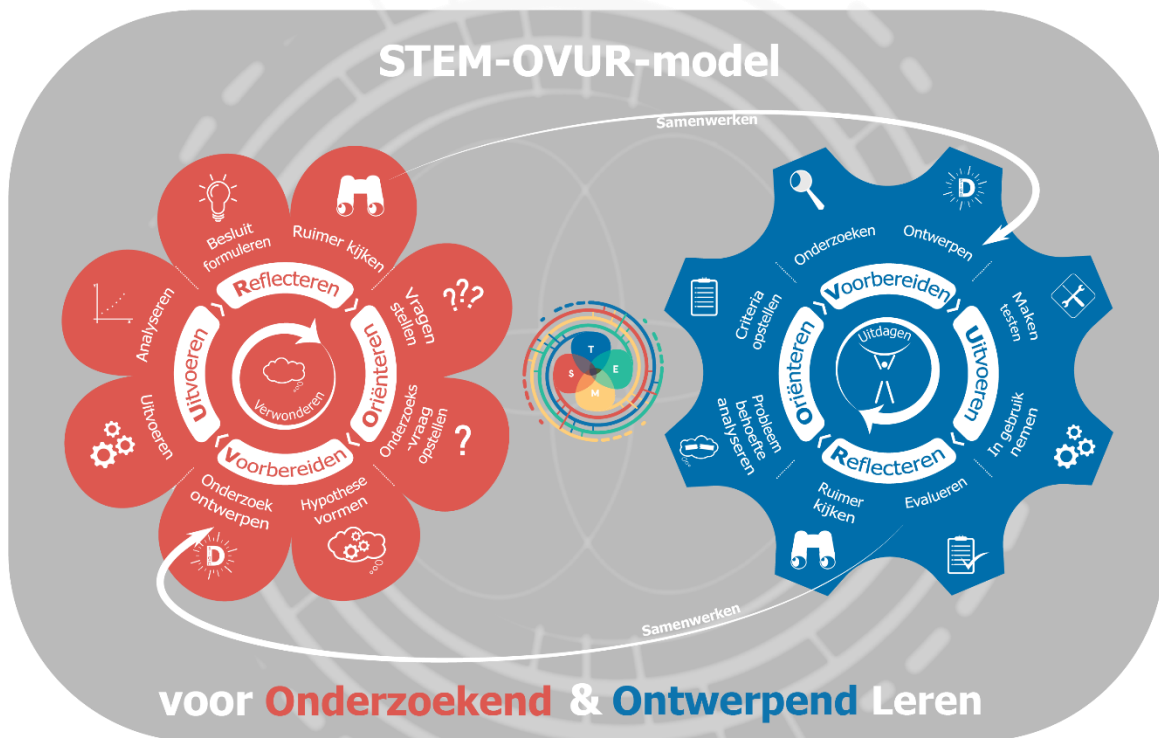


STEM-OVUR-model

STEM is de plaats waar onderzoekend en ontwerpend leren samenkomen (National Research Council, 2012). Wie wil onderzoeken, moet vaak experimenten ontwerpen. Wie wil ontwerpen, heeft vaak onderzoeksresultaten nodig om het ontwerp te optimaliseren. Onderzoekend en ontwerpend leren hebben elkaar nodig, zijn familie van elkaar, maar hebben ook elk hun eigenheid.

Het STEM-OVUR-model heeft het OVUR-principe vertaald naar de STEM-context en zet hierbij in op het samenspel tussen eigenheid en verbinding tussen onderzoekend en ontwerpend leren. OVUR is een acroniem voor Oriënteren – Voorbereiden – Uitvoeren – Reflecteren. Doordat het OVUR-principe een veelgebruikt stappenplan is in zowat alle vakken, zet het STEM-OVUR-model ook in op verbinding tussen STEM-disciplines en niet-STEM-disciplines.

Verbinding en eigenheid in het STEM-OVUR-model



Figuur 1: Het STEM-OVUR-model

De **eigenheid** van onderzoekend en ontwerpend leren wordt binnen het STEM-OVUR-model visueel gemaakt door onderzoekend leren voor te stellen als een rode bloem en ontwerpend leren als een blauw tandwiel. De bloem en het tandwiel bevatten telkens de vier stappen van het OVUR-model:

Oriënteren, Voorbereiden, Uitvoeren en Reflecteren. Elke stap van het OVUR-model wordt op zijn beurt opgesplitst in twee deelstappen die de eigenheid van onderzoekend leren en ontwerpend leren expliciteren.

STEM is de plaats bij uitstek waar onderzoekend leren en ontwerpend leren met elkaar worden verbonden en vormt daarom de verbindende schakel tussen de bloem van ontwerpend leren en het tandwiel van ontwerpend leren.

De verbinding wordt extra in de verf gezet door de pijlen waarop het woord ‘**samenwerken**’ centraal staat.

- Samenwerken staat voor het samenwerken tussen onderzoekend en ontwerpend leren: Onderzoeksresultaten zijn vaak bruikbaar in de ontwerpfase van het ontwerpend leren. Omgekeerd zijn de ontwerpresultaten vaak bruikbaar in de ontwerpfase van het onderzoekend leren.
- Samenwerken gaat even goed over het samenwerken tussen leerlingen, tussen leerkrachten en tussen leerlingen en leerkrachten. Samenwerken is één van de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die centraal staat in het STEM-onderwijs (STEM-kader, 2015)

Onderzoekend leren in het STEM-OVUR-model

Onderzoekend leren wordt voorgesteld door de rode bloem.

Het rood werd gekozen omdat rood ook de kleur is van Science in STEM. Onderzoekend leren speelt in wetenschappen een cruciale rol, maar uiteraard kan onderzoekend leren in alle disciplines een verrijking zijn.

De bloem staat voor schoonheid, natuur, symmetrie... maar bovenal voor **verwondering**, de motor van onderzoekend leren. Vele wetenschappers getuigen over hun fascinatie voor wetenschappen. Figuren als Newton, Darwin of Einstein belichamen dit verlangen naar begrijpen. Vaak zijn deze fascinaties een belangrijke reden waarom mensen wiskundige, bioloog of fysicus worden. In het onderwijs sloven we ons dikwijls uit om aan te tonen hoe ‘nuttig’ ons vak is. Maar verwondering blijkt ook een belangrijke stimulus te zijn voor interesse in de STEM-vakken (Conijn et al., 2021; Wolbert et al., 2021) en een belangrijke drijfveer om op onderzoek te gaan.

Oriënteren



Vragen stellen

Verwondering zet leerlingen aan tot het stellen van vragen (van der Wateren, 2016). Het vormt de start van de oriënteringsfase van de onderzoekscirkel. Door zelf vragen te stellen richten leerlingen hun aandacht op wat ze graag willen leren. Ze worden gestimuleerd om actief naar antwoorden te zoeken en zo nieuwe kennis en inzichten te verwerven. Het gaat hierbij niet om praktische vragen zoals ‘Wat moet ik kennen voor de toets?’ en ook niet (noodzakelijk) over onderzoeksvragen. Het gaat wel om vragen vanuit een verlangen om echt te weten, de zogenaamde “Sincere Information Seeking questions” (Van der Meij, 1994). Het zelf stellen van vragen is een belangrijke meerwaarde voor het leerproces van leerlingen. Het versterkt hun gevoelens van autonomie (ik mag het zelf) en competentie (ik kan het zelf) (Stokhof, 2019).



Onderzoeks-
vraag
stellen

Onderzoeksvraag stellen

Uit de echt-willen-weten vragen kunnen leerlingen een vraag selecteren waarop ze het antwoord via een onderzoek te weten willen komen. Die vraag kunnen ze dan -samen met hun leerkracht- omvormen naar een onderzoeksvraag. Het stellen van een goede onderzoeksvraag is misschien wel de moeilijkste stap in het proces van onderzoekend leren.

Een goede onderzoeksvraag voldoet aan de volgende criteria (Strubbe et al., 2012):

- Een onderzoeksvraag is ondubbelzinnig en helder geformuleerd.
- Een onderzoeksvraag is specifiek en voldoende afgebakend.
- Het antwoord op de onderzoeksvraag kan onderzocht worden door het uitvoeren van experimenten of het analyseren van beschikbare gegevens.
- Het onderzoek is haalbaar binnen de klascontext (tijd, materiaal, voorkennis...)

Voorbereiden



Hypothese
vormen

Hypothese vormen

Het formuleren van een hypothese is een belangrijke fase in het onderzoek. Het is niet zomaar een wilde gok, maar een redelijke veronderstelling van wat het antwoord op de onderzoeksvraag zou kunnen zijn op basis van voorkennis. Leerlingen argumenteren waarom ze een bepaalde hypothese vooropstellen (KOV, 2022a). De hypothese geeft richting aan het verdere ontwerp van je onderzoek. In de volgende stappen van je onderzoek zal je immers proberen om je hypothese te bevestigen, bij te stellen of te verwerpen (Pedaste et al., 2015). Een hypothese kan dus ook verkeerd zijn.



Onderzoek
ontwerpen

Onderzoek ontwerpen

In deze fase van het onderzoek denken leerlingen na over een correcte oplosstrategie. Hoe kunnen ze het antwoord op de onderzoeksvraag vinden? Hoe zal het onderzoek concreet verlopen? Welke stappen zullen ze hierbij zetten (Pedaste et al., 2015)? Tijdens deze fase werken de leerlingen een concreet werkplan uit (Strubbe et al., 2012). Om tot dit werkplan te komen kunnen leerlingen zich volgende vragen stellen:

- Hebben we al eens een gelijkaardig probleem onderzocht? Hoe hebben we dat toen aangepakt?
- Wat weten we al en wat weten we nog niet? Wat moeten we nog dus nog onderzoeken om een antwoord te vinden op onze onderzoeksvraag?
- Wat kennen en kunnen we al? Welke kennis en kunde kunnen we dus inzetten om onze onderzoeksvraag te beantwoorden?

Het uiteindelijke werkplan kan bv. (maar niet uitsluitend) volgende elementen bevatten:

- Een schema met de verschillende stappen die leerlingen zullen zetten bij het uitvoeren van het onderzoek
- Een lijst van benodigdheden, bv. bepaalde apparatuur, materialen, stoffen...
- De te respecteren veiligheidsaspecten: Zijn er gevaren en risico's? Wat zal er gebeuren met eventueel afval?...
- Een strategie voor het opslaan en structureren van de data, waarnemingen... Welke gegevens moeten opgeslagen worden en in welke vorm? Gebeurt dit op de computer, op papier? Gebruiken de leerlingen tabellen, tekeningen, woorden, grafieken...?

Uitvoeren



Uitvoeren

Tijdens de uitvoeringsfase voeren de leerlingen het onderzoek uit volgens het opgestelde werkplan. Het is hierbij belangrijk dat ze gericht observeren en de waargenomen gegevens zo nauwkeurig mogelijk registreren (Strubbe et al., 2012; Pedaste et al., 2015). Leerlingen kunnen, afhankelijk van de context, al hun zintuigen gebruiken om te observeren: kijken, horen, ruiken, voelen, smaken (Wetenschapsknooppunten Zuid-Holland, 2018). Om de nauwkeurigheid van de observaties te vergroten, is het vaak zinvol om de observatie verschillende keren te herhalen. Een aandachtspunt is dat leerlingen hun waarnemingen niet laten sturen door hun verwachtingen, maar objectief waarnemen. De observaties moeten zo volledig mogelijk geregistreerd worden. Bij een goed ontworpen onderzoek hebben leerlingen al in het werkplan vastgelegd hoe ze hun observaties zullen registreren en structureren.



Analyseren

Wanneer de data op een gestructureerde wijze geregistreerd zijn, moeten ze geanalyseerd worden. Het kan hierbij gaan om het zoeken naar bepaalde patronen, het interpreteren van bepaalde waarnemingen... (Pedaste et al., 2015).

Reflecteren



Besluit formuleren

Het besluit is een antwoord op de onderzoeksvraag op basis van de geanalyseerde data (Pedaste et al., 2015; Strubbe et al., 2012). De voorgestelde hypothese wordt aanvaard, bijgesteld of verworpen. Soms leidt het onderzoek niet tot een antwoord op de onderzoeksvraag. Dan leidt de conclusie vaak tot nieuw en beter onderzoek (KOV, 2023).



Ruimer kijken

In deze fase bekijken de leerlingen of hun conclusie in een groter plaatje past. Dit behelst twee aspecten (Pedaste et al., 2015).

Eenzijds kunnen leerlingen hun resultaten vergelijken met ander onderzoek of resultaten van medeleerlingen (Strubbe et al., 2012). Verschillen roepen heel wat vragen op:

- Waren de omstandigheden van de verschillende onderzoeken hetzelfde? Misschien zijn de resultaten van het onderzoek slechts geldig binnen bepaalde grenzen.
- Zijn de verschillende onderzoeken met dezelfde nauwkeurigheid uitgevoerd? Heeft de nauwkeurigheid van het onderzoek een invloed op het besluit?
- Is er iets misgelopen? Was de gebruikte methodiek geschikt?

Anderzijds is het belangrijk om stil te staan bij de bredere betekenis van de conclusie (KOV, 2023):

- Kunnen we uit een vereenvoudigd onderzoek in de klas iets leren over de complexe wereld rondom?
- Roept de conclusie nieuwe vragen op? Welke? Leiden deze vragen tot een nieuwe onderzoeksvraag?
- Kunnen de resultaten van het onderzoek gebruikt worden in een cirkel van ontwerp en leren?

In deze fase van het onderzoek kan discussie een zinvolle werkvorm zijn. Leerlingen leren zo argumenteren en kritisch reflecteren.

Tot slot

Ruimer kijken impliceert dat het onderzoek niet stopt na het formuleren van een besluit. Elke beantwoorde vraag roept nieuwe vragen en nieuwe mogelijkheden op. Het vormt het begin voor het doorlopen van een nieuwe onderzoeks- of ontwerpcirkel.

Ontwerpend leren in het STEM-OVUR-model

Ontwerpend leren wordt voorgesteld door het blauwe tandwiel.

Het blauw werd gekozen omdat blauw ook de kleur is van Technology in STEM. Ontwerpend leren speelt in techniek en technologie een cruciale rol, maar uiteraard kan ontwerpend leren in alle disciplines een verrijking zijn.

Bij ontwerpend leren staat het aangaan van een **uitdaging** centraal (Thibaut et al., 2018). De uitdaging staat in relatie tot een bepaald probleem of een bepaalde behoefte.

Oriënteren



Probleem of behoefte analyseren

Het probleem of de behoefte kan zowel door de leerkracht als door leerlingen aangebracht worden. De leerlingen gaan het probleem verkennen vanuit hun voorkennis. Dat kan door in groepjes na te denken over het probleem, een woordspin... Het is belangrijk om leerlingen te stimuleren om vragen te stellen (KOV, 2023; Wetenschapsknooppunten Zuid-Holland, 2018).



Criteria opstellen

De analyse van het probleem of behoefte resulteert in een lijst van criteria waaraan het ontwerp moet voldoen. De criteria moeten duidelijk en helder zijn. Op het einde van de oriënteringsfase is het dus al vrij duidelijk aan welke eisen het ontwerp moet voldoen. Bij de evaluatie zullen de leerlingen nagaan of hun ontwerp aan de criteria voldoet (KOV, 2023; KOV,2022b;Wetenschapsknooppunten Zuid-Holland, 2018).

Vorbereiden



Onderzoeken

Tijdens deze fase gaan leerlingen op onderzoek om de kennis te verzamelen die ze nodig hebben om het technisch probleem te kunnen oplossen (Van Breukelen, 2017). Het kan hier gaan om onderzoek naar materialen, grondstoffen of middelen, maar ook om onderzoek naar principes van de bouw en werking van technische systemen en hun onderlinge samenhang (KOV,2022b).



Ontwerpen

In deze fase komen de leerlingen tot een ontwerp. Het ontwerp is gebaseerd op de onderzoeksresultaten. Dit is een iteratief proces. Afhankelijk van de onderzoeksresultaten is het mogelijk dat het ontwerp (soms meermaals) moet worden aangepast.

Leerlingen werken het ontwerp verder uit zodat ook anderen dit begrijpen. Dit kan met behulp van een schets, een tekst... Ook een logboek kan hierbij een handig hulpmiddel zijn (KOV, 2023).

Uitvoeren



Maken en testen

Leerlingen voeren het ontwerp uit en bouwen een prototype. Meestal gaat het bouwen en testen van het prototype hand in hand. Leerlingen bouwen (een onderdeel van) een prototype, testen, sturen bij, testen opnieuw... (Van Breukelen, 2017)

Om het prototype te kunnen bouwen moeten leerlingen analyseren wat nodig is om het ontwerp effectief te maken. Ze worden hierbij ondersteund door de leerkracht. Naarmate de leerlingen vorderen kunnen ze de stappen steeds zelfstandiger zetten.

- Ze stellen een stappenplan op met een volgorde van werkmethodes of afwerking om tot het eigenlijke product te komen.
- Ze lezen, indien nodig, een technische tekening en maken die in een gevorderd stadium ook zelf.
- Ze kiezen de juiste gereedschappen en methodes.
- Ze stellen een testmethode op en passen die toe om hun product kwalitatief te beoordelen.

Bij het uitvoeren is er aandacht voor (KOV, 2023):

- nauwkeurig werken
- duurzaam gebruik van materialen
- veilig en duurzaam gebruik van gereedschap

Bij het testen wordt steeds geverifieerd of aan de criteria uit de oriënteringsfase voldaan is.



In gebruik nemen

Als een prototype volledig klaar is, kan het in gebruik genomen worden door de leerlingen en andere gebruikers. Hiervoor zijn een gebruiksaanwijzing en eventuele tips voor onderhoud nodig (KOV,2022b). Het gebruik van het prototype door verschillende mensen is een nieuwe test voor het prototype. Het is mogelijk dat het prototype goedgekeurd wordt, maar het gebeurt ook vaak dat het prototype nogmaals bijgestuurd moet worden.

Reflecteren



Evalueren

Leerlingen evalueren hun prototype en de weg ernaar toe.

- Voldoet het uiteindelijke resultaat aan de criteria? Indien niet, waarom niet? Wat zou er verbeterd kunnen worden aan (de uitvoering van) het ontwerp? Zou het ontwerp kunnen werken of moet er voor een ander ontwerp gekozen worden om een beter resultaat te krijgen?
- Hoe verliep het proces? Werd er efficiënt, veilig en duurzaam gewerkt?



Ruimer kijken

In deze fase kijken leerlingen de leerlingen over de grenzen van hun eigen prototype.

Eenzijds kunnen ze hun prototype met andere prototypes vergelijken. Dat kunnen bv. de prototypes van medeleerlingen zijn.

- Wat zijn de voor- en nadelen van de verschillende prototypes?
- Welk prototype voldoet het best aan de vooropgestelde criteria?

- Wat kunnen ze leren van de andere prototypes?
- Hoe kunnen ze de inzichten van anderen gebruiken om hun eigen prototype te verbeteren?

Anderzijds leggen de leerlingen ook het verband tussen hun eigen prototype en de wereld rondom. Wat leert dit ontwerp over oplossingen voor andere problemen uit de werkelijkheid? Welke nieuwe uitdagingen ontstaan er of kunnen er aangepakt worden (KOV, 2023)?

Tot slot

Ruimer kijken impliceert ook bij ontwerpend leren dat het ontwerpen niet stopt als het prototype klaar is. Het in gebruik nemen van een prototype leidt vaak tot een nieuwe uitdaging of opent mogelijkheden voor nieuw onderzoek.

Activiteiten die bij alle stappen van het STEM-OVUR-model horen

Samenwerken

Samenwerken houdt in dat leerlingen samen met anderen een gezamenlijk doel kunnen realiseren. Samenwerken bevat zowel sociale als cognitieve componenten (Strubbe et al., 2012; STEM-kader, 2015):

- Samenwerken vereist een effectieve communicatie. Leerlingen kunnen luisteren naar elkaar, op een respectvolle manier hun mening uiten en argumenteren. Hierdoor verhogen ook de cognitieve vaardigheden van de leerlingen: Om iets uit te leggen is een zekere kennis van de leerstof nodig. Om een gerichte vraag te stellen, moet je het probleem kunnen afbakenen.
- Samenwerken vereist dat je hulp en feedback kan vragen, geven en ontvangen.
- Samenwerken vereist dat je afspraken kunt maken en dat je je daaraan houdt.

Rapporteren

Het is zinvol om aan leerlingen te vragen om op bepaalde momenten van hun onderzoek hun (tussentijdse) resultaten te presenteren. Leerlingen stellen dan hun resultaten voor aan medeleerlingen, ouders, leerkrachten... Leerlingen ontwikkelen hun communicatieve vaardigheden en het kan een waardevol feedbackmoment zijn.

Rapporteren gebeurt echter doorheen het hele onderzoeks- en ontwerpproces op verschillende manieren (Strubbe et al., 2012):

- Mondeling antwoorden op vragen van de leerkracht in de klas
- Een schriftelijk verslag
- Een presentatie

Het is belangrijk dat leerlingen alle gezette stappen nauwkeurig noteren om op het einde een volledig beeld te hebben van het gevoerde onderzoek of het uitgewerkte ontwerp. Het is niet de bedoeling dat leerlingen aan het einde van hun onderzoek of ontwerp nog aan het rapport of presentatie moeten beginnen met een blanco blad. Mogelijke instrumenten zijn:

- Een logboek waarin leerlingen alles noteren wat ze gedaan hebben
- Een document dat leerlingen bij elke stap van hun onderzoek of ontwerp aanvullen met essentiële informatie:
 - Voor onderzoekend leren: onderzoeksvraag, hypothese, ontwerp van het onderzoek, meetresultaten en observaties, data-analyse, besluit en de bevindingen van ruimer kijken.

- Voor ontwerpend leren: probleem of behoefte, criteria, voorgestelde ideeën en resultaten van bijhorend onderzoek, ontwerp, eventueel foto's van het prototype, evaluatie, bevindingen van ruimer kijken.

Het zorgvuldig bijgehouden document kan uiteindelijk gebruikt worden als verslag.

Referenties

Conijn, J., van Gulick, H. L., Rietdijk, W., Andre, L., & Schinkel, A. (2021). Een Theoretisch Kader voor Verwondering in het Onderwijs. *Pedagogiek*, 41 (2), 151-174.

<https://doi.org/10.5117/PED2021.2.002.CONI>.

Katholiek Onderwijs Vlaanderen (2022a). Leerplan Natuurwetenschappen A-stroom

[file:///C:/Users/u0007195/Downloads/Natuurwetenschappen-IA%20\(1ste%20leerjaar%201ste%20graad%20vanaf%202022-2023\)-1.pdf](file:///C:/Users/u0007195/Downloads/Natuurwetenschappen-IA%20(1ste%20leerjaar%201ste%20graad%20vanaf%202022-2023)-1.pdf).

Katholiek Onderwijs Vlaanderen (2022b). Leerplan Techniek A-stroom

[file:///C:/Users/u0007195/Downloads/Techniek-IA%20\(1ste%20leerjaar%201ste%20graad%20vanaf%202022-2023\).pdf](file:///C:/Users/u0007195/Downloads/Techniek-IA%20(1ste%20leerjaar%201ste%20graad%20vanaf%202022-2023).pdf).

Katholiek Onderwijs Vlaanderen (geraadpleegd op 11.12.2023).

<https://pro.katholiekonderwijs.vlaanderen/onderzoekend-en-ontwerpend-leren>

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C. & Tsourlidaki, E. (2015). *Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle*. *Educational Research Review* 14, 47-61.

STEM-kader voor het Vlaams Onderwijs (2015). <https://www.onderwijskiezer.be/v2/download/STEM-kader-voor-het-Vlaamse-onderwijs.pdf>.

Stokhof, H. (2019). *Wetenschappelijke doorbraken de klas in! Kleding, Magneten en Protest*, p11-17. Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit.

Strubbe, K., D'Haese, B., De Poorter, J. & Vanhoe, H. (2012). *Onderzoekscompetent in de klas. Praktische gids voor de vakken biologie, chemie en fysica in het secundair onderwijs*. Academia Press.

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. & Depaepe, F (2018). *Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education*. *European journal of STEM education*, Vol.3 (1).

Van Breukelen D.H.J. (2017). *Onderwijs en leerwetenschap door ontwerpactiviteiten Een herziening van design-based learning*. Universiteit Utrecht.

Van der Meij, H. (1994). *Student questioning: A componential analysis*. Learning and Individual Differences, 6(2), 137-161.

van der Wateren, D. (2016). *Verwondering. Leren creatief en kritisch denken door vragen te stellen*. Meppel. Ten Brink Uitgevers.

Wetenschapsknooppunten Zuid-Holland (2018).

<https://www.wetenschapsknooppuntzh.nl/uploads/Leidraad-onderzoekend-en-ontwerpend-leren-Wetenschapsknooppunt-ZH-2018-1.pdf>

Wolbert, L., & Schinkel, A. (2021). *What should schools do to promote wonder?* Oxford Review of Education 47(4), 439-454.