

Maakonderwijs: Actieve invulling van Wetenschap en Technologie in het primair onderwijs

iXperium/ Centre of Expertise Leren met ict

Pierre Gorissen

Marjoke Bakker

Rianne Kooi

Marijke Kral

oktober 2020

Colofon

iXperium/ *Centre of Expertise Leren met ict*
Academie Educatie, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
www.ixperium.nl

Auteurs:

Pierre Gorissen
Marjoke Bakker
Rianne Kooi
Marijke Kral

Dit onderzoek is (mede) gefinancierd door het Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek.



Alle projectresultaten zijn beschikbaar via de projectwebsite op
<https://www.ixperium.nl/onderzoeken-en-ontwikkelen/projecten/nro-onderzoeksproject-maakonderwijs-binnen-wt/>



Naamsvermelding-NietCommercieel
4.0 Internationaal (CC BY-NC 4.0)

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
1. Inleiding.....	5
1.1 Leeswijzer	5
2. Vraagarticulatie.....	6
2.1 Probleemverkenning.....	6
2.2 Onderzoeksvragen	8
3. Methode.....	9
3.1 W&T-leerdoelenlijst voor Maakonderwijs	10
3.2 Onderzoeksinstrumenten	11
3.3 Dataverzameling en -analyse.....	18
3.4 Beantwoording onderzoeksvragen	19
4. Beschrijving leerarrangementen	21
4.1 Het leerarrangement “Zelfstandige Ouderen”	22
4.2 Het leerarrangement “Inrichting schoolruimte”	23
4.3 Het leerarrangement “Inclusieve Speelplaats”	24
4.4 Het leerarrangement “Zwerfafvalrobot”	25
4.5 Het leerarrangement “Maak een satelliet”	26
5. Resultaten na cyclus 1.....	27
5.1 Aandachtspunten op basis van resultaten van cyclus 1	27
5.2 Werkwijze herontwerpen leerarrangement	31
6. Resultaten: W&T-doelen en Maakonderwijs	33
6.1 W&T-leerdoelen in de leerarrangementen.....	33
6.2 Leerlingevragenlijst houdingsaspecten W&T.....	42
7. Resultaten: Werkvormen en inrichting van het onderwijs	44
7.1 Werkvormen	44
7.2 Inrichting van het onderwijs	50
8. Resultaten: Competenties en professionalisering leraren	53
8.1 Competenties van leraren.....	53
8.2 Benodigde ondersteuning en professionalisering.....	54
9. Conclusies en discussie.....	58
9.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen	58
9.2 Discussie	62
Referenties.....	65

Bijlage A: Algemene interviewleidraad begininterview cyclus 1	68
Bijlage B: Kijkkader lesobservaties Maakonderwijs.....	70
Bijlage C: Leraarvragenlijst leerdoelen W&T, voorafgaand aan eindinterview	72
Bijlage D: Items wekelijkse leerlingvragenlijst.....	74
Bijlage E: Algemene interviewleidraad voor eindinterview cyclus 1.....	80
Bijlage F: Voorbeeld herontwerpformulier	81
Bijlage G: Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen.....	85
Bijlage H: Algemene interviewleidraad voor eindinterview cyclus 2	86
Bijlage I Overzicht resultaten wekelijkse leerlingvragenlijst cyclus 2.....	88

Samenvatting

Het NRO-onderzoeksproject “Maakonderwijs binnen Wetenschap & Technologie in het primair onderwijs” (405-17-5 10) heeft onderzocht hoe Maakonderwijs in het Wetenschap & Technologie (W&T) onderwijs in het primair onderwijs kan worden geïmplementeerd. Het project was een samenwerking tussen scholen voor primair onderwijs in de regio Arnhem en Nijmegen (Pieter Brueghelschool, De Dorendal, De Wijzer, ASV, De Buut), de HAN Pabo, en het iXperium/Centre of Expertise Leren met ict. Het project is mede mogelijk gemaakt dankzij een subsidie verstrekt door het NRO.

In het Techniekpact (2013) is afgesproken dat scholen voor primair onderwijs in 2020 structureel aandacht besteden aan W&T. Daarbij is W&T geen apart vak, maar een thema geïntegreerd in het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld (OJW) (SLO, 2015). Hoewel oorspronkelijk nog niet opgenomen in het Techniekpact, wordt Maakonderwijs inmiddels ook als onderdeel van W&T gezien (Troxler, 2016; Waag Society, 2014; Wijnants-Crama, 2017). In W&T staan onderzoekend en ontwerpend leren centraal vanuit de constructivistische leertheorie. Maakonderwijs is een vorm van onderzoekend en ontwerpend leren die uitgaat van het constructionisme (Papert, 1983). Leerlingen leren daarbij niet alleen met hun hoofd, maar ook met hun handen. Dit moet hen helpen om niet alleen consument te zijn, maar ook te produceren en creëren (Waag Society, 2014). Het creëren is een vaardigheid waarvan de samenleving en de arbeidsmarkt in toenemende mate veronderstelt dat mensen die bezitten, maar die niet vanzelfsprekend aanwezig is en dus moet worden aangeleerd (Platform Onderwijs2032, 2016). Maakonderwijs kan hieraan bijdragen. Ict en digitale hulpmiddelen maken een integraal onderdeel uit van de hulpmiddelen die hierbij gebruikt worden, denk hierbij bijvoorbeeld aan 3D-printers en programmeerbare onderdelen. Binnen dit onderzoeksproject zijn we daarom steeds uitgegaan van Maakonderwijs waarbij het gebruik van ict een integraal onderdeel is van het leerproces.

Veel leraren blijken zichzelf niet bekwaam te voelen als maker of om Maakonderwijs te begeleiden. Ze zijn niet gewend om te laten zien dat ook zij moeten leren, iets wat bij Maakonderwijs wel voorkomt. Ze vinden het daarnaast niet altijd gemakkelijk om op de juiste momenten te schakelen tussen de rol van expert en begeleider (Gerstein, 2016). Ook is bekend dat niet alle leerlingen zomaar makers zijn of gewend zijn creatieve oplossingen te bedenken en te realiseren (Beghetto & Kaufman, 2014; van der Meij, 2015). Er is behoefte aan concrete handreikingen.

In dit project is onderzocht hoe Maakonderwijs in het W&T-onderwijs in het po kan worden geïntegreerd. De onderzoeksvragen waren:

1. Aan welke doelen van W&T kan met Maakonderwijs een invulling worden gegeven?
2. Welke vakdidactische en pedagogische principes horen bij Maakonderwijs?
3. Op welke competenties van leraren doet Maakonderwijs een beroep?
4. Welke ondersteuning hebben leraren nodig bij Maakonderwijs?

Tijdens het onderzoeksproject hebben leraren leerarrangementen voor Maakonderwijs ontwikkeld, uitgevoerd en geëvalueerd. Daarbij werden ze ondersteund door mediamentoren, lerarenopleiders en onderzoekers. Nadat de ontwikkelde leerarrangementen in een eerste cyclus waren uitgevoerd, zijn deze door de leraren aangepast op basis van feedback en nogmaals uitgevoerd. De tijdens het project ontwikkelde leerarrangementen, het gebruikte ontwerpjabloon voor leerarrangementen, de

bijbehorende leerlijn, het professionaliseringsplan en het onderzoeksrapport zijn te downloaden via de website www.ixperium.nl en vrij te gebruiken.

Hierna vatten we de belangrijkste conclusies en aanbevelingen naar aanleiding van het onderzoek samen.

Alle onderzochte W&T leerdoelen kunnen via Maakonderwijs ondersteund worden

Aan alle W&T-leerdoelen uit het Leerplankader voor Wetenschap en Technologie (W&T) van SLO (Graft & Klein Tank, 2018) blijkt goed invulling te kunnen worden gegeven met Maakonderwijs. Integratie van Maakonderwijs in de W&T leerlijn binnen het primair onderwijs lijkt daarmee zinvol. De mate waarin de leerdoelen invulling kregen in de verschillende leerarrangementen verschilde, deels ook op basis van het belang dat de leraar aan het leerdoel hechtte of de mate waarin de leraar van mening was dat het leerdoel in het leerarrangement opgenomen moest worden.

Vakdidactische en pedagogische principes

Ook bij Maakonderwijs is het niet verstandig leerlingen maar gewoon “in het diepe” te gooien. Beginnen met het bekijken van uitwerkte voorbeelden (Sweller, 2006) die ze daarna verder uitwerken en aanvullen (Paas, 1992) kan helpen om hen van beginners te laten doorgroeien tot experts. Als beginners beschikken de leerlingen namelijk over minder diepgaande kennisschema's dan experts, is hun probleemoplossing minder efficiënt en beschikken ze over zwakkere probleemoplossingsstrategieën (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981). De leraar moet hen niet alleen inhoudelijk bij dat proces ondersteunen, maar ook op het gebied van hun zelfsturing en metacognitie. Als onderdeel van cyclus 1 is een aantal aanbevelingen opgesteld die in het onderzoeksrapport in meer detail worden besproken. Samengevat luiden deze aanbevelingen aan leraren bij het ontwerpen van Maakonderwijs:

- Besteed voldoende aandacht aan het afbakenen en/of kiezen van de vraag en het probleem;
- Stimuleer leerlingen bewust om informatie op te zoeken over de vraag en het probleem en verstrek indien noodzakelijk uitleg over hoe ze dat moeten doen;
- Maak niet te snel de stap naar het schetsen van een ontwerp, laat leerlingen voldoende tijd nemen voor de ideevormende fase;
- Geef leerlingen voldoende tijd om de ontwerpeisen scherp te krijgen;
- Laat leerlingen een werkend prototype maken met het gebruik van ict als ontwerpeis;
- Denk na over het vooraf stellen van maakbaarheidseisen (en de wijze waarop die geformuleerd worden);
- Kies bewust voor het moment van het aanbieden van workshops maaktechnieken;
- Gebruik peerfeedback of een vragenronde tijdens de ontwerp- en/of maakfase;
- Kies het juiste moment om leerlingen bij te sturen en zorg ervoor dat de wijze van bijsturen hen helpt het ontwerpproces beter te begrijpen;
- Stimuleer bewust het denken van leerlingen door middel van vragen.

Competenties van leraren

Uit het onderzoek blijkt dat Maakonderwijs een beroep doet op een aantal algemene en specifieke competenties van leraren. Allereerst zijn er de Bekwaamheidseisen leraar primair onderwijs (Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, 2017) die onderscheid maken in de vakinhoudelijke bekwaamheid, vakdidactische bekwaamheid (algemeen, kennis, kunde), pedagogische bekwaamheid

(algemeen, kennis, kunde). Specifiek voor Maakonderwijs kunnen we de competenties van de leraar als volgt samenvatten. De leraar:

- ontwerpt uitdagende leerarrangementen voor Maakonderwijs waarbij gebruik gemaakt wordt van bestaande (digitale) leermiddelen, aangevuld met eigen materialen, die aansluit op de W&T-doelstellingen en rekening houden met verschillen in niveau, tempo en/of werkwijze van leerlingen;
- heeft kennis van het ontwerpproces en de wijze waarop hiermee door leerlingen de verschillende leerdoelen behaald kunnen worden;
- heeft kennis van de relevante leer- en onderwijstheorieën gerelateerd aan Maakonderwijs;
- creëert een veilige omgeving waarbinnen de leraar en leerlingen kunnen werken in het kader van Maakonderwijs;
- reflecteert op, evalueert en onderzoekt de uitgevoerde leerarrangementen voor Maakonderwijs en past ze waar nodig op basis daarvan aan;
- leert en werkt zelfstandig en samen met anderen binnen en buiten de eigen organisatie (collega's én leerlingen) om de eigen maakvaardigheden en visie op Maakonderwijs te blijven ontwikkelen;
- ondersteunt leerlingen bij het worden van vaardige makers, daagt hen uit tijdens dit proces.

Professionaliseren van leraren voor Maakonderwijs is maatwerk

De leraren geven in het onderzoek aan zowel ondersteuning te willen krijgen bij het ontwerpen van de leerarrangementen als bij het uitvoeren ervan. Daarbij gaat het om het leren ontwikkelen van een visie rond Maakonderwijs, vaardigheden voor het begeleiden en uitdagen van leerlingen, trainen in de eigen maakvaardigheden. Ze willen dat samen met andere leraren en ondersteuners doen aan de hand van een handleiding met handvatten die voldoende ruimte voor eigen keuzes en invulling bieden. De gestelde doelen voor professionalisering zijn niet met een enkele trainingsactiviteit te bereiken. Ze veronderstellen een langer traject met maatwerk op basis van de beginsituatie en behoeften van de leraar (of school). Hoe dit kan wordt in meer detail beschreven in het professionaliseringsplan dat tijdens het project opgesteld is (Hendriks, Hennekes, Knuivers, Gorissen, & Goedhart, 2020).

Daarnaast kunnen we leraren die ook met Maakonderwijs willen starten van harte aanraden om de uitgewerkte beschrijvingen van de leerarrangementen te bekijken en gebruik te maken van het ontwikkelde sjabloon bij het ontwerpen van hun eigen leerarrangement. De ontwikkelde leerarrangementen bevatten voorbeelden van een breed scala aan werkvormen.

Vervolgonderzoek

Het uitgevoerde onderzoek is een praktijkgericht onderzoek waarbij de verschillende stakeholders direct bij het onderzoek betrokken waren: leraren, lerarenopleiders, ondersteuners (mediamentoren) en onderzoekers werkten samen bij het opzetten van het onderzoek, het ontwerpen en uitvoeren van de leerarrangementen en bij het duiden van de resultaten.

De leraren die deelnamen aan het onderzoek waren pioniers op het gebied van Maakonderwijs. Het onderzoek doet vermoeden dat er meer nodig is om ook hun collega's mee te krijgen. En ook leerlingen hebben meer nodig dan een enkel leerarrangement om zich de beoogde competenties eigen te maken.

In dit onderzoek stond Maakonderwijs centraal, en wel of en hoe met Maakonderwijs aan de leerdoelen van W&T gewerkt kan worden en of het zinvol is Maakonderwijs in het W&T curriculum te integreren. We beantwoorden deze vraag voorzichtig positief. Er blijven namelijk ook vragen open:

- Hoe effectief zijn de ontwikkelde leerarrangementen? Slagen zij er in om de leerlingen daadwerkelijk de beoogde leerdoelen bij te brengen?
- Bieden het opgestelde professionaliseringsplan en de andere instrumenten/hulpmiddelen die als onderdeel van dit onderzoek zijn opgesteld, voldoende ondersteuning op maat voor de niet-pioniers op het gebied van Maakonderwijs?
- Slagen scholen er in om W&T in de breedte een plek in hun onderwijsprogramma te geven waarvan Maakonderwijs dan een deel uit kan maken?

1. Inleiding

Onderwijsinstellingen in het primair onderwijs willen Maakonderwijs binnen het thema Wetenschap & Technologie (W&T) implementeren. Bij Maakonderwijs (“leren door te maken”) wordt kennis stapsgewijs opgebouwd door het maken van de verbinding tussen de fysieke en de abstracte wereld. Het implementeren van Maakonderwijs in het onderwijs vergt het ontwikkelen van nieuwe onderwijsactiviteiten en bijbehorende vakdidactiek. Veel leraren voelen zich niet bekwaam als maker of als begeleider van Maakonderwijs. Ze hebben behoefte aan concrete vakdidactische en pedagogische handreikingen en vinden die nog onvoldoende in bestaande literatuur. Het NRO onderzoeksproject “Maakonderwijs binnen Wetenschap & Technologie in het primair onderwijs” (405-17-5 10) heeft onderzocht hoe Maakonderwijs op een goede manier in het W&T-onderwijs in het primair onderwijs kan worden geïmplementeerd. Het onderzoeksproject was een samenwerking tussen scholen voor primair onderwijs in de regio Arnhem en Nijmegen (Pieter Brueghelschool, De Dorendal, De Wijzer, ASV, De Buut), de HAN Pabo en het iXperium/Centre of Expertise Leren met ict.

1.1 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 **Vraagarticulatie** wordt de probleemverkenning voorafgaand aan dit onderzoek beschreven, resulterend in de onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 3 **Methode** beschrijft de voor het onderzoek gehanteerde W&T-leerdoelenlijst, de onderzoeksinstrumenten, de wijze van dataverzameling en data-analyse en de wijze waarop hiermee de onderzoeksvragen beantwoord zijn.

De door de leraren tijdens dit project ontwikkelde en uitgevoerde **leerarrangementen** worden kort toegelicht in hoofdstuk 4 en verder.

Het onderzoek bestond uit twee cycli, na de eerste cyclus van ontwerpen, uitvoeren en evalueren van de leerarrangementen werden deze bijgesteld en nogmaals uitgevoerd en geëvalueerd. Hoofdstuk 5 beschrijft de **bevindingen na de eerste cyclus** en de aanbevelingen die op basis daarvan voor de leraren zijn opgesteld.

De daarop volgende hoofdstukken beschrijven de verschillende **resultaten na cyclus 2**:

- hoofdstuk 6 beschrijft de mate waarin de W&T-leerdoelen aan bod kwamen in de uitgevoerde leerarrangementen,
- hoofdstuk 7 gaat in op de gebruikte werkvormen die leraren gebruikten en inrichtingsaspecten van het onderwijs,
- in hoofdstuk 8 komen de door de leraren ervaren benodigde competenties en ondersteuningsbehoefte aan bod.

Hoofdstuk 9 kijkt terug op de onderzoeksvragen, de antwoorden die daarop gevonden zijn en geeft in de discussie een kritische terugblik op het uitgevoerde onderzoek.

Het onderzoeksrapport bevat daarnaast een aantal **bijlagen** met de verschillende vragenlijsten en overzichten van deelresultaten.

In een aantal gevallen wordt verwezen naar deelproducten die als **afzonderlijke documenten** beschikbaar zijn via de projectwebsite op ixperium.nl.

2. Vraagarticulatie

Dit onderzoek maakte deel uit van fase 2 van het NRO-onderzoeksproject Maakonderwijs binnen Wetenschap & Technologie in het primair onderwijs. De leden van de projectgroep hebben gedeelde vragen als het gaat om Wetenschap & Technologie (W&T) en Maakonderwijs. De directies van de deelnemende primair onderwijs-scholen (po-scholen) hebben de ambitie om W&T te implementeren binnen hun school en onderschrijven het Techniepact (2013). Leraren binnen die scholen staan voor de uitdaging om die implementatie vorm te geven. Ondersteuners binnen het po merken dat het moeilijk is om binnen scholen een blijvende transfer op gang te brengen van introductielessen rond Maakonderwijs naar inbedding van Maakonderwijs in de school. De mediamentoren van het maaklokaal iXspace van het iXperium zien dat de leraren moeite hebben met de andere wijze van werken die binnen Maakonderwijs nodig is en willen hen hierbij beter ondersteunen. De lerarenopleiders van de HAN Pabo zoeken naar een betere inbedding van W&T en Maakonderwijs binnen het curriculum van de Pabo.

Tijdens fase 1 heeft de projectgroep, bestaande uit leraren, ondersteuners, mediamentoren, lerarenopleiders en onderzoekers, een literatuurverkenning en een praktijkverkenning uitgevoerd. De projectgroep heeft bezoeken gebracht aan de maakruimtes HET LAB en Bouwkeet (Rotterdam), de Ontwerpfabriek van Cibap (Zwolle) en Walhallab (Zutphen). Er zijn ervaringen uitgewisseld met het Junior Technovium in Nijmegen op het gebied van de realisatie van Maakonderwijs. De praktijkvragen zijn besproken binnen het landelijke platform Maker Education, waarin tal van deskundigen rond Maakonderwijs vertegenwoordigd zijn, zoals Dr. Peter Troxler, Lector Revolutie van de Maakindustrie. Onderzoekers van het iXperium/CoE hebben een bronnenselectie gemaakt rond Maakonderwijs. Hierbij zijn Nederlandse en internationale bronnen geselecteerd die de didactische of organisatorische aspecten van Maakonderwijs behandelen. De meest relevante documenten daaruit zijn binnen de projectgroep verdeeld, besproken en gekoppeld aan de ervaringen opgedaan bij de bezoeken. Vervolgens zijn tijdens een ontwerpsessie de didactische uitgangspunten, de professionaliseringsbehoeften en de onderzoeksvragen uitgewerkt.¹

2.1 Probleemverkenning

In het Techniepact is afgesproken dat scholen voor primair onderwijs in 2020 structureel aandacht besteden aan W&T. Daarbij is W&T geen apart vak, maar zal het worden geïntegreerd in het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld (OJW) (SLO, 2015). Maakonderwijs kwam niet voor in de oorspronkelijke tekst van het Techniepact. Mede dankzij recente aandacht voor Maakonderwijs in de politiek en daarbuiten wordt het inmiddels ook door het Techniepact zelf als onderdeel van het thema W&T gezien (Troxler, 2016; Waag Society, 2014; Wijnants-Crama, 2017).

In W&T staan onderzoekend en ontwerpend leren centraal vanuit de constructivistische leertheorie. Maakonderwijs is een vorm van onderzoekend en ontwerpend leren. Het gaat daarbij uit van het constructionisme zoals dat door Seymour Papert, door velen gezien als de vader van het Maakonderwijs, is geïntroduceerd (Papert, 1983). Constructivisme² en constructionisme delen het

¹ De deelproducten zijn te vinden op <https://www.ixperium.nl/onderzoeken-en-ontwikkelen/projecten/nro-onderzoeksproject-maakonderwijs-binnen-wt/>

² Zie ook de toelichting in (Valcke, 2010, p. 75).

beeld van het incrementeel construeren van kennis. Waar het constructivisme meer nadruk legt op het cognitieve proces waarbij de lerende in staat wordt geacht de wereld om zich heen in steeds grotere abstracties te bezien, benadrukt het constructionisme de verbinding met het fysieke en het één worden met het object van onderzoek (Ackermann, 2001; Papert, 1983; Papert & Harel, 1991). Leerlingen leren daarbij niet alleen met hun hoofd, maar ook met hun handen. Dit moet hen helpen om niet alleen consument te zijn, maar ook te produceren en creëren (Waag Society, 2014). Het creëren is een vaardigheid waarvan de samenleving en de arbeidsmarkt in toenemende mate veronderstelt dat mensen die bezitten, maar die niet vanzelfsprekend aanwezig is en dus moet worden aangeleerd (Platform Onderwijs2032, 2016). Maakonderwijs kan hieraan bijdragen.

De projectgroep heeft in fase 1 onderzocht hoe Maakonderwijs op dit moment in Nederland wordt vormgegeven en geïmplementeerd. Tijdens de bezoeken aan de maaklocaties is gesproken over de uitgangspunten, werkwijze, visie en methodiek. De bezochte maaklocaties hebben elk hun eigen insteek: volledig geïntegreerd in het onderwijs, als zelfstandige maakruimte buiten het onderwijs of zelfs bewust helemaal buiten alle reguliere instanties en regelgeving. Combinaties hiervan komen ook voor waarbij naast programma's in nauw overleg met het onderwijs ook zelfstandige ruimte wordt geboden aan (jonge) makers.

Als de ervaringen van de bezoeken worden gecombineerd met uitgangspunten van Maakonderwijs in de bestudeerde literatuur (o.a. Halverson & Sheridan, 2014; Hlubinka et al., 2013; Klepper, Pereira, & Zayner, 2017; Roffey, Sverko, & Therien, 2016; Tilburg, 2016), dan kan een aantal gemeenschappelijke (vak-)didactische aspecten worden onderscheiden. Zo start Maakonderwijs bij voorkeur met een voor de leerlingen relevante of door leerlingen zelf bedachte onderzoeksvraag of ontwerp-vraag. Leerlingen stellen die vraag lang niet altijd vanzelf maar moeten worden gestimuleerd om deze vraag te formuleren, een plan te maken en actie te ondernemen. Bij Maakonderwijs krijgt leren vaak vorm doordat leerlingen dingen uitproberen en via deconstructie-constructie en prototyping de werking van dingen achterhalen.

Dit leren gebeurt bij voorkeur samen met anderen, van anderen, aan anderen, zowel binnen als buiten de school. Van de begeleiders van Maakonderwijs wordt verwacht dat zij zelf ook enthousiaste makers zijn, die op hun beurt ook blijven leren (ook van de leerlingen). Maakonderwijs vergt technische vaardigheden, zoals het kunnen bedienen van machines of kennis van materiaalbewerking. Deze technische vaardigheden moeten leerlingen leren zodra er behoefte aan is.

Een van de uitgangspunten van Maakonderwijs is het mogen maken van fouten en het leren omgaan met tegenslagen. In de opdrachten die binnen Maakonderwijs worden uitgevoerd, moet tijd en ruimte zijn om fouten te maken en daarvan te leren.

Ict en digitale hulpmiddelen maken een integraal onderdeel uit van de hulpmiddelen die bij Maakonderwijs gebruikt worden. Het gaat hierbij om het gebruik van technologie in het ontwerp- en maakproces. De leerling leert verschillende ict-toepassingen te gebruiken en hier keuzes in te maken. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van ict bij het zoeken en ordenen van informatie (informatievaardigheden), het samenwerken, het maken van digitale schetsen en 3D-modellen, of het programmeren van 3D-printers of lasersnijders. Ook computational thinking valt onder dit ict-gebruik. Hierbij gaat het om het procesmatig (her-)formuleren en opdelen van problemen om ze met ict te kunnen oplossen. Het opdelen van complexe problemen in stukken en het gebruiken van ict in deze

deelproblemen. Ook het filteren van gegevens of gegevens of het logisch organiseren en ordenen valt onder de noemer computational thinking. Programmeren is het ultieme voorbeeld van computational thinking: gedacht kan worden aan het werken met programmeerbare onderdelen zoals chips of robots. Het iXperium/CoE doet onderzoek naar Maakonderwijs met ict in relatie tot ict-geletterdheid (Gorissen, 2019). Hierbij biedt Maakonderwijs de mogelijkheid aan leerlingen en leraren om creatief aan de slag te gaan met het gebruik van ict ten behoeve van het oplossen van complexe problemen (“wicked problems”). Vraag daarbij is of het ontwerpen en realiseren van (prototypes) van fysieke artefacten, bijdraagt aan het verlagen van de gepercipieerde drempels bij leraren en leerlingen bij het creatief inzetten van ict en hun onderzoekend vermogen op dit gebied. Het doel is om te werken aan onderzoek naar leerarrangementen voor maakonderwijs met ict voor leerlingen en (aankomende) leraren (inclusief bijbehorende professionalisering) die aantoonbaar bijdragen aan het verhogen van de ict-geletterdheid van leerlingen en leraren. Binnen dit onderzoeksproject is daarom steeds uitgegaan van Maakonderwijs waarbij het gebruik van ict een integraal onderdeel is van het leerproces. Dat bleek niet altijd en voor alle gesprekspartners tijdens het project vanzelfsprekend. Om de integrale rol van ict te benadrukken is tijdens het project meer en meer expliciet de term “Maakonderwijs met ict” gebruikt. In dit onderzoeksrapport hebben we de oorspronkelijke vraagstelling en formulering gebruikt..

Tijdens de ontwerpssessie in fase 1 en uit de bestudeerde literatuur bleek dat veel leraren zichzelf niet bekwaam voelen als maker en om Maakonderwijs te begeleiden. Leraren zijn niet gewend om te laten zien dat zij ook moeten leren. Ze vinden het niet altijd gemakkelijk om op de juiste momenten te schakelen tussen de rol van expert en begeleider (Gerstein, 2016). Ook is bekend dat niet alle leerlingen zomaar makers zijn of gewend zijn creatieve oplossingen te bedenken en te realiseren (Beghetto & Kaufman, 2014; Van der Meij, 2015). Het is voor leraren nog onduidelijk welke ondersteuning ze de verschillende leerlingen moeten bieden bij Maakonderwijs en hoe ze Maakonderwijs kunnen integreren in W&T. Ze hebben behoefte aan concrete handreikingen en aan een koppeling aan de doelen van W&T.

2.2 Onderzoeksvragen

In dit project is onderzocht hoe Maakonderwijs op een goede manier in het W&T-onderwijs in het primair onderwijs kan worden geïntegreerd. De onderzoeksvragen zijn:

1. Aan welke doelen van W&T kan met Maakonderwijs een invulling worden gegeven?
2. Welke vakdidactische en pedagogische principes horen bij Maakonderwijs?
3. Op welke competenties van leraren doet Maakonderwijs een beroep?
4. Welke ondersteuning hebben leraren nodig bij het verzorgen van Maakonderwijs?

3. Methode

Om te onderzoeken in hoeverre met leerarrangementen Maakonderwijs invulling gegeven kan worden aan leerdoelen Wetenschap en Technologie (W&T) en welke vakdidactische en pedagogische principes hierbij een rol spelen, is een vorm van educational design research (Akker, Bannan, Kelly, Nieveen, & Plomp, 2013) en meer specifiek een “development study” of ontwikkelingsonderzoek (Kortland & Klaassen, 2009) uitgevoerd, bestaande uit twee cycli van ontwikkeling, uitvoering en evaluatie. Het onderzoek was sterk verkennend van aard omdat zowel de leerarrangementen, een deel van de onderzoeksinstrumenten als de ondersteuning van de leraren ontwikkeld werden. Schematisch gezien zag het onderzoeksplan er als volgt uit:

Onderzoek	ontwikkelen					bijstellen		rapportage	
Leerlijn	ontwerp					bijstellen			
Professionaliseringskader	ontwikkelen	uitvoeren			bijstellen	uitvoeren			
Leerarrangementen		ontwikkelen	uitvoeren			bijstellen	uitvoeren		

Figuur 1. Schematische weergave onderzoeksplan

In cyclus 1 (voorjaar 2019) werden leerarrangementen Maakonderwijs ontworpen, uitgevoerd in de klas en geëvalueerd. In cyclus 2 (najaar 2019) werden de leerarrangementen herontworpen op basis van de bevindingen in cyclus 1 en werden ze opnieuw uitgevoerd in de klas en geëvalueerd.

In beide cycli zijn vooraf, tijdens en na afloop van de uitvoering van de leerarrangementen verschillende meetinstrumenten ingezet om de leerarrangementen te evalueren. Vooraf is het geplande leerarrangement in beeld gebracht. Tijdens en na afloop van het leerarrangement zijn data verzameld om in beeld te brengen hoe het leerarrangement is gerealiseerd, in hoeverre hierin invulling wordt gegeven aan leerdoelen W&T en welke vakdidactische en pedagogische principes daar goed bij aansluiten. Ook zijn leraren gevraagd naar benodigde competenties en hun ondersteuningsbehoefte. Zie paragraaf 3.2 voor een uitgebreide beschrijving van de onderzoeksinstrumenten.

In cyclus 1 had de evaluatie van de leerarrangementen vooral als doel om input te bieden voor cyclus 2. Hier ging het dus vooral om het met de leraren reflecteren op de leerarrangementen en wat er beter zou kunnen. Daarnaast bood deze evaluatie al een eerste blik op de invulling van de leerdoelen W&T en welke vakdidactische en pedagogische principes hierbij geschikt zijn, en op de benodigde competenties van leraren en hun ondersteuningsbehoefte. In cyclus 2 had de evaluatie als voornaamste doel het beantwoorden van de onderzoeksvragen.

We vonden het belangrijk om bij het onderzoek niet alleen uit te gaan van de plannen en percepties van de leraren. Daarom is, op verschillende momenten, ook aan de leerlingen zelf gevraagd hoe zij de leerarrangementen ervaren hebben.

In dit hoofdstuk beschrijven we het proces van het ontwikkelingsonderzoek en de gebruikte onderzoeksinstrumenten.

3.1 W&T-leerdoelenlijst voor Maakonderwijs

Als startpunt voor het beantwoorden van de eerste onderzoeksvraag (“Aan welke doelen van W&T kan met Maakonderwijs een invulling worden gegeven?”) is gebruik gemaakt van de W&T-leerdoelen zoals opgesteld door het SLO (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016) en de leerlijn Maakonderwijs voor in het po zoals die binnen dit onderzoeksproject is opgesteld (Coetsier et al., 2020)³.

We zijn uitgegaan van de deelgebieden behorend bij de ontwerpcyclus van SLO (zie Figuur 2), aangezien deze goed aansluit bij Maakonderwijs.



- Confronteren met vraag of probleem
- Verkennen en oplossingen bedenken
- Ontwerp schetsen en materiaal en gereedschap verzamelen
- Ontwerp realiseren
- Testen en bijstellen
- Presenteren
- Verdiepen en verbreden

Figuur 2. Ontwerpcyclus uit het W&T-leerplankader van SLO (Van Graft & Klein Tank, 2018)

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van 16 W&T-leerdoelen die aansluiten bij de ontwerpcyclus van SLO. De tabel hieronder geeft een overzicht van deze leerdoelen.

Tabel 1. W&T-leerdoelenlijst voor Maakonderwijs

Stap en deelgebied uit ontwerpcyclus SLO	W&T-Leerdoel
Confronteren met vraag of probleem	
<i>Informatie verzamelen</i>	1. De leerling kan bronnen, informatie, ervaringen en meningen rond een probleem of idee verzamelen, ordenen en delen
<i>Afbakenen tot ontwerpvraag</i>	2. De leerling kan een probleem afbakenen tot een ontwerpvraag
	3. De leerling kan op basis van de verzamelde informatie een beargumenteerde keuze maken voor een of enkele uit te werken ontwerpvrage/onderzoeksvragen
<i>Ontwerpeisen opstellen</i>	4. De leerling kan op basis van verzamelde informatie eisen en criteria opstellen waaraan een ontwerp moet voldoen
	5. De leerling kan ontwerpeisen uitwerken en verantwoorden op basis van activiteiten, experimenten en onderzoeken.

³ Deze leerlijn is als afzonderlijk document te downloaden van de projectwebsite.

Stap en deelgebied uit ontwerpcyclus SLO	W&T-Leerdoel
Verkennen en oplossingen bedenken	
<i>Oplossingen bedenken en kiezen.</i>	6. De leerling kan voor een ontwerp vraag verschillende oplossingen bedenken en op basis van de eisen komen tot een best passende oplossing.
Ontwerp schetsen en materiaal en gereedschap verzamelen	
<i>Ontwerptekening maken.</i>	7. De leerling kan de ontwerp oplossing uitwerken in een schets of (bouw-)tekening.
<i>Materialen en gereedschap verzamelen.</i>	8. De leerling kan geschikte materialen en gereedschap verzamelen
Ontwerp realiseren	
<i>Prototype maken</i>	9. De leerling kan het ontwerp planmatig uitwerken en een prototype maken
	10. De leerling kan experimenteren met onderdelen, materialen en deelontwerpen, om erachter te komen wat het beste werkt
Testen en bijstellen	
	11. De leerling kan het gemaakte prototype testen en evalueren
	12. De leerling kan hypothesen opstellen over wat er gebeurt bij het uittesten van een prototype
	13. De leerling kan op basis van de testresultaten verbeteringen voorstellen en/of doorvoeren
Presenteren	
<i>Prototype en proces toelichten</i>	14. De leerling kan mondeling en schriftelijk verslag doen van de testresultaten
	15. De leerling kan het ontwerp proces en de werking van het prototype toelichten.
Verdiepen en verbreden	
	16. De leerling kan n.a.v. het ontwerp proces de ontwerp vraag en de oplossing verbreden en verdiepen naar andere contexten en vervolgvragen

Naast vaardigheden benoemt SLO ook wetenschappelijke houding als een leerdoel dat hoort bij W&T (Van Graft & Klein Tank, 2018). Het gaat hierbij bijvoorbeeld om een nieuwsgierige en onderzoekende houding. Ook deze houdingsaspecten zijn meegenomen in de beantwoording van de eerste onderzoeksvraag.

3.2 Onderzoeksinstrumenten

Er is data verzameld voorafgaand aan, tijdens en na de uitvoering van het leerarrangement in zowel cyclus 1 als in cyclus 2. Hierbij zijn verschillende onderzoeksinstrumenten gebruikt om de leerarrangementen te evalueren. De onderzoeksofzet is schematisch weergegeven in Figuur 3. De verschillende instrumenten worden hieronder beschreven voor cyclus 1 en 2.

3.2.1 Onderzoeksinstrumenten cyclus 1



Figuur 3. Schematische weergave onderzoeksopzet (uitgevoerd in cyclus 1)

Voorafgaand aan de leerarrangementen:

- *Begininterview* met de leraar over het geplande leerarrangement en invulling van de W&T-leerdoelen

Tijdens de leerarrangementen:

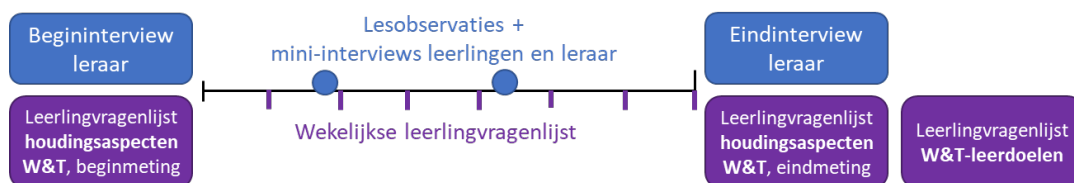
- *Lesobservaties* met aansluitend *mini-interviews* met enkele leerlingen en met de leraar
- *Wekelijkse leerlingvragenlijst*

Na de leerarrangementen:

- *Eindinterview* met de leraar over het gerealiseerde leerarrangement en invulling van de W&T-leerdoelen.

3.2.2 Onderzoeksinstrumenten cyclus 2

In cyclus 2 werden dezelfde tools als uitgangspunt genomen met een aantal aanpassingen.



Figuur 4. Schematische weergave onderzoeksopzet cyclus 2

In cyclus 2 werden twee extra leerlingvragenlijsten afgenomen die specifiek gericht waren op de leerdoelen W&T, zowel de leerdoelen wat betreft ontwerpen en onderzoeken als de leerdoelen wat betreft houding. De volgende onderzoeksinstrumenten zijn ingezet:

Voorafgaand aan de leerarrangementen:

- *Begininterview* met de leraar over het geplande leerarrangement en invulling van de W&T-leerdoelen. Hierbij werd vooral gefocust op de aanpassingen ten opzichte van het leerarrangement van cyclus 1.
- *Leerlingvragenlijst houdingsaspecten W&T, beginmeting*

Tijdens de leerarrangementen:

- *Lesobservaties* met aansluitend *mini-interviews* met enkele leerlingen en met de leraar
- *Wekelijkse leerlingvragenlijst*

Na de leerarrangementen:

- *Eindinterview* met de leraar over het gerealiseerde leerarrangement en invulling van de W&T-leerdoelen, en over benodigde competenties en ondersteuningsbehoefte.
- *Leerlingvragenlijst houdingsaspecten W&T, eindmeting*
- *Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen*, over de mate waarin leerlingen hebben gewerkt aan leerdoelen W&T

De verschillende onderzoeksinstrumenten worden hieronder verder toegelicht.

3.2.3 Begininterview

Dit interview richtte zich op het geplande leerarrangement: de leraren werd gevraagd hoe het leerarrangement eruit ging zien, welke didactische en pedagogische principes hierbij worden gebruikt, en in welke mate de verschillende W&T-leerdoelen in het leerarrangement aan bod komen. Tijdens cyclus 2 richtte het interview zich vooral op de aanpassingen ten opzichte van cyclus 1. Ter voorbereiding op de interviews werd door de interviewers de reeds beschikbare informatie over het ontworpen leerarrangement bestudeerd: het ontwerp van het leerarrangement en de lesplannen voor zover door de leraar beschreven. Zo kon in het interview worden doorgevraagd op de plannen voor het leerarrangement. Het doel was om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van het geplande leerarrangement, met daarbij een speciale focus op het behandelen van de W&T-leerdoelen (onderzoeksvraag 1) en de vakdidactische en pedagogische principes die in het leerarrangement een rol spelen (onderzoeksvraag 2). Daarnaast is ingegaan op welke aspecten de leraren moeilijk vonden of waar zij tegenop zagen (in het kader van onderzoeksvraag 3).

Om systematisch verschillende onderwerpen te kunnen behandelen en tegelijkertijd ruimte te hebben om door te vragen is gebruik gemaakt van een semigestructureerd interview. Ten eerste werd de W&T-leerdoelenlijst voor Maakonderwijs aan de leraar voorgelegd en werd gevraagd welke leerdoelen in het geplande leerarrangement aan bod komen, en hoe en in welk onderdeel van het leerarrangement dit gebeurt. Daarna volgden vragen over de vakdidactische en pedagogische principes. Hierbij werd ingegaan op de rol van de leraar (bijv. coach, expert, aansturen, instructie geven), de rol van leerlingen en zelfregie, groeperingsvormen, de manier van samenwerken in het leerarrangement en de begeleiding van de leraar hierbij en hoe in het leerarrangement gebruik wordt gemaakt van ict. Per onderdeel van het leerarrangement (bijv. ideeën bedenken, ontwerpen, maken en testen, presenteren) werd de leraar gevraagd naar gebruikte werkvormen en materialen en naar de rol van de leraar in dit onderdeel. Ook is gevraagd wat de leraar het meest spannend vindt (ten behoeve van onderzoeksvraag 3).

De volledige algemene interviewleidraad is opgenomen in Bijlage A: Algemene interviewleidraad begininterview cyclus 1. Voor elke leraar is een gepersonaliseerde versie van deze interviewleidraad opgesteld, om zo goed mogelijk af te stemmen op de informatie die voorafgaand aan het interview over het leerarrangement van deze leraar bekend was. Informatie die al bekend was uit het door de leraar aangeleverde ontwerp en de lesbeschrijvingen is niet opnieuw gevraagd; onduidelijkheden in het ontwerp zijn specifiek bevestigd; daarnaast is ontbrekende informatie bevestigd.

3.2.4 Lesobservaties

Om een beeld te krijgen van de leerkrachthandelingen tijdens de leerarrangementen, zijn van elk leerarrangement twee of drie lessen geobserveerd. Hierbij werd gelet op wat de leraar deed (sturing, begeleiding, instructie, etc.) en hoe leerlingen hierop reageerden, om zo informatie te verkrijgen ter beantwoording van onderzoeksvraag 2 (vakdidactische en pedagogische principes). Per leerarrangement werden lessen geobserveerd uit verschillende onderdelen van het leerarrangement. We kozen hierbij voor de onderdelen ideeën bedenken en/of ontwerpen en maken (waar testen/evalueren en herontwerpen/bijstellen soms ook deel van uitmaakte). Deze onderdelen werden gekozen omdat we bij deze onderdelen leerkrachthandelingen verwachtten die specifiek zijn voor Maakonderwijs (bijv. stimuleren van de creativiteit, leerlingen zelf laten uitzoeken).

De lesobservaties richtten zich zoals gezegd op de handelingen van de leraar richting de leerlingen en hoe leerlingen hierop reageerden. Er was sprake van een open, beschrijvende observatie: leerkrachthandelingen en reacties van leerlingen werden beschrijvend genoteerd. Wel was er vooraf een kijkkader opgesteld met verschillende mogelijke aspecten van leerkrachthandelingen (zie Bijlage B: Kijkkader lesobservaties Maakonderwijs). Dit kijkkader is gebruikt om een idee te hebben waar bij het observeren op gelet kon worden.

De lesobservaties werden uitgevoerd door een onderzoeker die rondliep in de klas en aantekeningen maakte. Om later eventueel dingen te kunnen terugkijken en -luisteren werd er een video-opname van de les gemaakt met een camera op statief in de hoek van de klas. Het geluid werd hierbij opgenomen middels een microfoonje dat bij de leraar was opgespeld.

3.2.5 Mini-interviews

Na afloop van de lesobservaties zijn waar mogelijk mini-interviews afgenomen met een of enkele groepjes leerlingen. Ook is een mini-interview afgenomen met de leraar.

Bij de mini-interviews met leerlingen ging het erom hoe de leerlingen de les en met name de handelingen van de leraar hebben ervaren. Dit was bedoeld om extra informatie te krijgen over wat het handelen van de leraar doet met de leerlingen. De mini-interviews met de leerlingen werden afgenomen in groepjes van twee tot vier leerlingen. Voor de mini-interviews werden leerlingen of groepjes geselecteerd waar de leraar tijdens de les veel mee had geïnteracteed.

De volgende vragen zijn gesteld:

- Wat vond je van de les vandaag?
- Wat heeft de leraar tegen je/jullie gezegd tijdens het werken aan het project? (of: ik zag dat de leraar ...) Vond je dat fijn? Had je er wat aan?

De mini-interviews duurde ca. 5 minuten per groepje leerlingen.

Bij de mini-interviews met de leraren ging het om het evalueren van de geobserveerde les. Dit diende om informatie te verzamelen over de ervaringen van de leraar ten aanzien van effectieve en minder effectieve leerkrachthandelingen en werkvormen.

De volgende vragen zijn gesteld:

- Hoe vond je het gaan? (Wat ging goed? Wat ging minder goed? Hoe kwam dat?)
- Wat ging anders dan gepland? Hoe kwam dat?
- Wat zou je een volgende keer anders doen?

Daarnaast werd er ingegaan op dingen die opvielen tijdens het observeren. De mini-interviews met de leraren duurden 10-15 minuten.

3.2.6 Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen

Na afloop van de leerarrangementen in cyclus 2 werd bij alle deelnemende leerlingen een eindvragenlijst afgenomen gericht op de W&T-leerdoelen van het deelgebied Ontwerpen. De vragenlijst had tot doel te achterhalen in hoeverre leerlingen zich tijdens het leerarrangement hadden beziggehouden met de verschillende leerdoelen, om zo vast te stellen welke leerdoelen meer en welke minder werden gedekt door de leerarrangementen. De vragenlijst was niet bedoeld om te meten of leerlingen vaardiger zijn geworden, maar om vast te stellen in hoeverre de verschillende W&T-leerdoelen aan bod kwamen in de leerarrangementen. Dit is een eerste stap waarmee zichtbaar wordt of de leerdoelen van W&T in een leerarrangement Maakonderwijs ingebed kunnen worden. Om

vast te stellen in hoeverre de W&T leerdoelen aan bod kwamen is leerlingen gevraagd in welke mate zij aan bepaalde aspecten hadden gewerkt tijdens de lessen.

De vragenlijst is opgesteld aan de hand van de W&T-leerdoelenlijst voor Maakonderwijs (zie pagina 10). Bij elk leerdoel hebben we een of meer stellingen geformuleerd, om zo de verschillende aspecten van de leerdoelen te kunnen bevragen. Zo werd de inhoudsvaliditeit van de vragenlijst geborgd. De stellingen zijn geformuleerd in termen van wat de leerlingen hebben gedaan, bijv. 'Ik heb het prototype aangepast zodat het beter werkt'. We hebben voor dit type stellingen gekozen omdat dit een relatief transparante en eenduidige manier van bevragen is voor leerlingen, anders dan stellingen als 'ik heb geleerd over...'.⁴

Bij elke stelling kon de leerling kiezen uit de antwoordcategorieën *niet*, *een beetje*, *veel*, en *heel veel*. Bij sommige stellingen werd een aanvullende open vraag gesteld, om te kunnen achterhalen of de leerlingen de betreffende stelling op de bedoelde manier hadden geïnterpreteerd. Alle stellingen en open vragen uit de vragenlijst zijn opgenomen in Bijlage G: Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen. De vragenlijst werd digitaal afgenomen via MWM2/Crowdtech⁴. De antwoordcategorieën werden grafisch weergegeven (zie Figuur 5), zoals ook het geval was in de wekelijkse vragenlijst. Om voor de leerlingen duidelijk te maken dat de vragen betrekken hadden op het zojuist afgeronde leerarrangement, werd de naam van het leerarrangement bovenaan elk scherm getoond (zie in Figuur 5 een voorbeeld voor het leerarrangement *Zwerfafvalrobot*).

Figuur 5. Een scherm uit de digitale leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen. Bovenaan het scherm wordt de naam van het betreffende leerarrangement getoond.

Het is mogelijk dat leerlingen bij het invullen van deze vragenlijst zijn beïnvloed door sociaalwenselijk gedrag. We hebben bij het formuleren van de stellingen echter geprobeerd deze zo neutraal mogelijk te formuleren. Mocht er sprake zijn van sociaalwenselijk gedrag, dan verwachten we dat dit bij alle stellingen ongeveer in gelijke mate zal zijn, waardoor we nog steeds een vergelijking kunnen maken tussen verschillende leerdoelen in de mate waarin deze volgens de leerlingen aan bod zijn gekomen.

⁴ <https://www.mwm2.nl/>

3.2.7 Leerlingvragenlijst houdingsaspecten W&T

W&T is opgebouwd uit drie pijlers (Van Graft et al., 2016): kennis, vaardigheden en houding. Om te kunnen meten in hoeverre het leerarrangement heeft bijgedragen aan houdingsaspecten bij de leerlingen, is in cyclus 2 gebruik gemaakt van de SCILE⁵-vragenlijst (Weible & Zimmerman, 2016). Deze vragenlijst richt zich op de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en jongeren (8-18 jaar). De originele vragenlijst is in het Engels. Voor dit onderzoek zijn we uitgegaan van de vertaling van Welbedacht (2017), waarbij we op sommige plekken de formulering nog iets hebben aangepast om de vragen duidelijker of eenduidiger te maken voor de doelgroep. De vragenlijst bestaat uit 12 stellingen (zie Figuur 6) met een vijfpuntsschaal: 1 'nooit', 2 'bijna nooit', 3 'soms', 4 'vaak', 5 'altijd'.

1. Ik wil graag iets nieuws uitvinden
2. Ik doe dingen bij elkaar om te zien wat er gebeurt
3. Ik vergelijk dingen met elkaar om te zien of er verschillen zijn
4. Ik vind het leuk om aan vraagstukken of puzzels te werken die meer dan één oplossing hebben
5. Ik probeer dingen uit om te zien wat er gebeurt
6. Ik vind het leuk om dingen te maken die nog niemand anders heeft gemaakt
7. Ik gebruik nieuwe informatie om te zien of dat helpt om een probleem op te lossen
8. Als ik een woord zie dat ik niet ken, dan zoek ik het op of vraag ik iemand wat het betekent
9. In een nieuwe situatie probeer ik zoveel mogelijk te leren
10. Van een moeilijke taak kan ik veel leren.
11. Ik vind het leuk om dingen te doen die ik een beetje eng vind
12. Ik vind het leuk om elke dag spannende en onvoorspelbare dingen te doen

Figuur 6. Items SCILE-vragenlijst zoals afgenomen in dit onderzoek

De SCILE-vragenlijst is zowel voor als na het leerarrangement van cyclus 2 afgenomen bij de leerlingen. Zo konden we onderzoeken of na het leerarrangement de nieuwsgierige en onderzoekende houding was toegenomen. Ook deze vragenlijst werd digitaal afgenomen via MWM2/Crowdtech (zie Figuur 7).

De score op de vragenlijst werd bepaald door het gemiddelde te berekenen van de scores op de 12 items. De vragenlijst had een goede betrouwbaarheid: Cronbach's alpha was .84 bij de beginmeting en .85 bij de eindmeting.

Ook bij de SCILE-vragenlijst kan sociaalwenselijk gedrag een invloed hebben. In dat geval verwachten we dat die invloed vergelijkbaar is voor de beginmeting en de eindmeting, waardoor dit geen gevolgen heeft voor de vergelijking van de scores van begin- en eindmeting.

⁵ SCILE = Science Curiosity In Learning Environments.

Past het bij je?

Ik wil graag iets nieuws uitvinden

nooit bijna nooit soms vaak altijd

powered by CROWTECH

20%

TERUG VERDER

Figuur 7. Voorbeelditem uit de digitale SCILE-vragenlijst (screenshot MWM2). De leerling moest op het gekozen antwoord klikken, waarna er een rechthoek om dit antwoord verscheen.

3.2.8 Wekelijkse leerlingvragenlijst

Naast de leerlingvragenlijsten over de W&T-leerdoelen en houdingsaspecten van W&T, hebben we ook gebruik gemaakt van een wekelijkse vragenlijst. Deze was bedoeld ter tussentijdse evaluatie van de leerarrangementen, niet ter beantwoording van onze onderzoeksvragen. In de vragenlijst werd gevraagd naar algemene ervaringen tijdens het leerarrangement (bijv. of de leerlingen het deze week leuk vonden, of ze iets geleerd hebben) en naar ervaringen op het gebied van de verschillende uitgangspunten uit de leerlijn Maakonderwijs (bijv. of de leerlingen deze week hebben samengewerkt).

De meeste vragen waren meerkeuzevragen waarin een stelling gepresenteerd werd met een vierpuntsschaal. De antwoordopties werden grafisch weergegeven (zie Figuur 8). Er waren ook een paar ja/nee-vragen en een enkele open vraag. In Bijlage D: Items wekelijkse leerlingvragenlijst is een volledig overzicht van de vragenlijstitems opgenomen. De vragen zijn deels gebaseerd op het zelfevaluatie-instrument van Maakplaats 021 (Van Eijck, Fraij, Kragten & Pijlse, 2018).

Deze week bij Maak een satelliet ...

Ik heb nieuwe ideeën bedacht

niet een beetje veel heel veel

Powered by MWM²

25%

TERUG VERDER

Figuur 8. Voorbeelditem wekelijkse leerlingvragenlijst

3.2.9 Eindinterview

Het eindinterview met de leraren na afloop van het leerarrangement richtte zich op het *gerealiseerde leerarrangement*. Ter evaluatie van het gerealiseerde leerarrangement werd de leraren gevraagd hoe

het leerarrangement is verlopen, wat hierin anders liep dan gepland of verwacht en wat zij een volgende keer anders zouden doen. Wat betreft de vakdidactische en pedagogische principes werden de leraren ook specifiek bevraagd over een ‘dilemma’ dat meerdere keren naar voren was gekomen in de lesobservaties en mini-interviews met de leraren: de balans tussen sturing en vrijlaten.

Daarnaast werd de leraren gevraagd welke competenties een leraar volgens hen nodig heeft om het leerarrangement te kunnen uitvoeren en wat zij zelf nog zouden willen leren op het gebied van (het begeleiden van) Maakonderwijs (ten behoeve van onderzoeksvraag 3 en 4).

Verder werd in het interview besproken hoe en in welke mate de verschillende W&T-leerdoelen in het leerarrangement aan bod waren gekomen. Voor dit onderdeel werd de leraar gevraagd voorafgaand aan het interview een vragenlijst in te vullen waarin zij voor elk leerdoel aangaven hoeveel van de leerlingen volgens hen op dit leerdoel vooruit zijn gegaan. Deze vragenlijst, opgenomen in “Bijlage C: Leraarvragenlijst leerdoelen W&T, voorafgaand aan eindinterview”, diende als input voor het gesprek zelf en vormde de basis voor het semigestructureerd interview. De algemene interviewleidraad is weergegeven in Bijlage E: Algemene interviewleidraad voor eindinterview cyclus 1. Voor elke leraar werd een gepersonaliseerde versie van deze interviewleidraad opgesteld, om zo goed mogelijk af te stemmen op de informatie die al over het door deze leraar gerealiseerde leerarrangement bekend was uit de lesobservaties en mini-interviews. Informatie die al bekend was hoefde niet opnieuw gevraagd te worden; verder kon naar aanleiding van de al bekende informatie juist worden doorgevraagd op bijzonderheden in de uitvoering van het leerarrangement.

3.3 Dataverzameling en -analyse

De data zijn op een aantal manieren verzameld en geanalyseerd.

Interviews en observaties

Tijdens de interviews werden audio-opnames gemaakt. Op basis van deze opnames is achteraf een verslag gemaakt van elk interview. Tijdens de observaties werden door de observator aantekeningen gemaakt, die na afloop werden aangevuld op basis van de video-opnames van de lesobservaties (in het geval de observator iets niet goed kon horen of niet snel genoeg kon noteren tijdens de lesobservatie zelf). Vervolgens werd op basis van de verslagen van de interviews en observaties per leerarrangement een beschrijving gemaakt van:

- Welke W&T-leerdoelen in het leerarrangement aan bod kwamen.
- De in het leerarrangement gehanteerde didactische en pedagogische principes, zoals werkvormen en leeractiviteiten, rol van de leraar, groepsindeling en samenwerking, inzet van ict
- Veelvoorkomende handelingen van de leraar tijdens de uitvoering van het leerarrangement (bijv. manier van begeleiding, manier van vragen stellen) en hoe leerlingen hierop reageren.
- Reflectie op leerarrangement door de leraar: wat kwam volgens de leraar goed en minder goed uit de verf en waardoor kwam dat? Wat zou de leraar een volgende keer anders doen?
- Leraarcompetenties die volgens de leraren nodig zijn voor Maakonderwijs.

Tijdens cyclus 2 werd op basis van de verslagen van de eindinterviews geïnventariseerd in welke mate de verschillende W&T-leerdoelen in de leerarrangementen naar voren kwamen. Hierbij werd gekeken naar de leerdoelenlijst die de leraren voorafgaand aan het eindinterview hadden ingevuld, maar vooral naar de toelichting die de leraren hierbij gaven tijdens het eindinterview: hoe hebben zij de leerdoelen terug zien komen tijdens de lessen? Dit werd geverifieerd met informatie uit de observatieverslagen. Op basis hiervan is een beschrijvend beeld gegeven van de mate waarin in de leerarrangementen aandacht werd besteed aan de W&T-leerdoelen.

Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen

De antwoorden op de leerlingvragenlijst zijn in staafdiagrammen met percentages per antwoordcategorie gerapporteerd. Dit geeft een duidelijk beeld van de mate waarin leerlingen naar eigen zeggen aan (aspecten van) de verschillende W&T-leerdoelen hebben gewerkt.

Leerlingvragenlijst houdingsaspecten W&T

De scores van de SCILE-vragenlijst op de voormeting en de nameting werden vergeleken door middel van een gepaarde t-test, met een significantieniveau van $\alpha = .05$. Zo kon worden vastgesteld of de nieuwsgierige en onderzoekende houding van leerlingen is toegenomen.

Wekelijkse leerlingvragenlijst

Doordat de analyse van de verschillende data veel meer tijd gekost heeft dan beschikbaar was voor het project konden de antwoorden van de wekelijkse leerlingvragenlijst ter evaluatie van de leerarrangementen helaas niet in de resultaten/conclusies verwerkt worden. Wel zijn de antwoorden uit de wekelijkse leerlingvragenlijst in staafdiagrammen met percentages per antwoordcategorie per leerarrangement gerapporteerd in Bijlage I Overzicht resultaten wekelijkse leerlingvragenlijst cyclus 2.

3.4 Beantwoording onderzoeksvragen

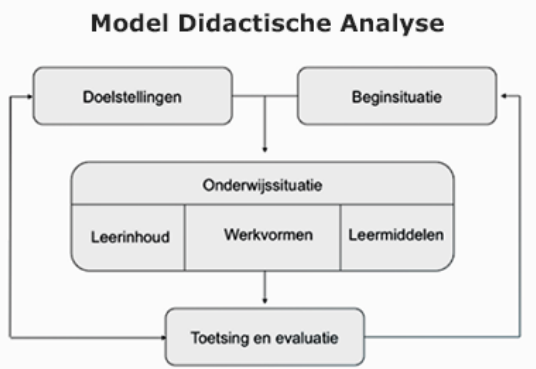
De dataverzameling in cyclus 2 diende ter beantwoording van de onderzoeksvragen. Bij het beantwoorden van de onderzoeksvragen werd daarnaast ook een deel van de data uit cyclus 1 meegenomen, vooral waar het ging om werkzame didactische en pedagogische principes en benodigde competenties van leraren. We beschrijven per onderzoeksvraag hoe de data zijn geanalyseerd om tot een antwoord op de vraag te komen.

Onderzoeksvraag 1: Aan welke doelen van W&T kan met Maakonderwijs een invulling worden gegeven?

Bij het beantwoorden van onderzoeksvraag 1 is gebruik gemaakt van de verslagen van de eindinterviews en lesobservaties van cyclus 2 en van de gegevens uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen (vaardigheidsdoelen W&T) en de SCILE-vragenlijst over houdingsaspecten van W&T.

Onderzoeksvraag 2: Welke vakdidactische en pedagogische principes horen bij Maakonderwijs?

Bij het beantwoorden van onderzoeksvraag 2 is gebruik gemaakt van de verslagen van de interviews en lesobservaties uit cyclus 2, en waar van toepassing ook van gegevens uit cyclus 1. Op basis van deze verslagen is geïnventariseerd welke werkvormen en uitgangpunten bij de inrichting van het onderwijs in de leerarrangementen werden gebruikt en hoe deze volgens de leraren uitpakten. Dit werd geverifieerd met behulp van de observatieverslagen.



Figuur 9. Model Didactische Analyse (Gelder, Peters, Oudkerk Pool, & Sixma, 1973)

Aan de hand van het Model Didactische Analyse (Gelder et al., 1973) zullen de voor Maakonderwijs specifieke aspecten besproken worden.

Onderzoeksvraag 3: Op welke competenties van leraren doet Maakonderwijs een beroep?

Om onderzoeksvraag 3 te kunnen beantwoorden, hebben we gebruik gemaakt van de gegevens uit de begin- en eindinterviews van cyclus 1 en 2 met betrekking tot de competenties waarvan leraren vinden dat die belangrijk zijn bij het uitvoeren en ontwerpen van leerarrangementen Maakonderwijs. Hierbij zal ook gebruik gemaakt worden van de Bekwaamheidseisen leraar primair onderwijs, (Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, 2017) waarbij onderscheid gemaakt wordt in drie bekwaamheden:

- a. de vakinhoudelijke bekwaamheid;
- b. de vakdidactische bekwaamheid (algemeen, kennis, kunde);
- c. de pedagogische bekwaamheid (algemeen, kennis, kunde).

Onderzoeksvraag 4: Welke ondersteuning hebben leraren nodig bij Maakonderwijs?

Bij de beantwoording van onderzoeksvraag 4 zijn we uitgegaan van de gegevens uit de eindinterviews van cyclus 2 met betrekking tot wat leraren zien als goede manieren van ondersteuning en professionalisering voor Maakonderwijs. Op basis van de interviewverslagen zijn vormen van professionalisering en ondersteuning opgesomd die volgens de leraren geschikt zijn. Het gaat hierbij om vormen van ondersteuning die door de leraren gewenst werden of als nuttig zijn beschouwd. Samenhangende behoeften en ervaringen zijn geclusterd tot aandachtsgebieden voor ondersteuning bij Maakonderwijs. We hebben hierbij onderscheid gemaakt tussen clusters van benodigde ondersteuning om leerarrangementen Maakonderwijs uit te voeren en om leerarrangementen Maakonderwijs te ontwerpen.

4. Beschrijving leerarrangementen

Vier leraren van vier verschillende basisscholen hebben deelgenomen aan zowel cyclus 1 als cyclus 2. Een vijfde leraar van een vijfde basisschool nam in verband met ziekte enkel deel aan cyclus 2. De leraren ontwierpen in cyclus 1 (voorjaar 2019) een leerarrangement voor hun toenmalige klas. In cyclus 2 werd het leerarrangement herontworpen en uitgevoerd bij een nieuwe groep leerlingen.

De deelnemende leraren hebben zelf de leerarrangementen ontworpen, waarbij zij hulp kregen van een mediamentor van het iXperium en/of een lerarenopleider van de HAN Pabo. Bij het ontwerpen van de leerarrangementen werd in dit project opgestelde leerlijn voor Maakonderwijs als uitgangspunt gebruikt. Nadat de leraren een eerste opzet hadden gemaakt, is er een bijeenkomst georganiseerd waarin zij de leerarrangementen onder begeleiding verder uit konden werken en ideeën uit konden wisselen. Tijdens deze bijeenkomst zijn de leraren eerst geïnspireerd op het gebied van een ict-toepassing (Micro:bit) die zij konden inzetten. Daarna konden de leraren samen met de mediamentor en/of de lerarenopleider die aan hen gekoppeld was, het leerarrangement verder uitwerken.

Voor de koppeling met de leerlijn en de daarin beschreven visie en uitgangspunten is een PowerPoint format met vragen die aansluiten bij de visie en uitgangspunten aangeboden⁶. Er werd aan de leraren gevraagd dit te gebruiken en in te vullen. Dit format hielp hen verder nadenken over de invulling van het leerarrangement.

Zoals aangegeven hebben de meeste leraren gedurende het project twee versies van hun leerarrangement uitgevoerd. De tweede versie van het leerarrangement die werd uitgevoerd in cyclus 2 was aangepast op basis van inzichten die waren opgedaan in cyclus 1 en soms inhoudelijke keuzes om aan te sluiten op een andere doelgroep. Hieronder zijn daarom de verschillende leerarrangementen uit cyclus 2 beschreven. Deze kunnen gedeeltelijk afwijken van de uitgebreide beschrijvingen van de leerarrangement zoals die zijn opgenomen op de projectwebsite.

⁶ Dit format is beschikbaar via de projectwebsite en ook voor de ontwikkeling van andere leerarrangementen te gebruiken.

4.1 Het leerarrangement “Zelfstandige Ouderen”

In het leerarrangement “Het ontwerpen van een oplossing die bijdraagt aan langer thuis kunnen blijven wonen van ouderen” (vanaf nu “Zelfstandige Ouderen”) werkten de leerlingen acht weken lang drie uur per week aan het thema ‘Hoe kunnen we ervoor zorgen dat ouderen langer voor zichzelf kunnen zorgen/ op zichzelf kunnen blijven wonen?’ Het arrangement had klassikale onderdelen en er is in groepjes en individueel/zelfstandig gewerkt. De opbouw van het leerarrangement in weken is weergegeven in Tabel 2. Onder de tabel zijn per onderdeel van het leerarrangement de belangrijkste activiteiten beschreven.

Tabel 2. Opbouw in weken van het leerarrangement Zelfstandige Ouderen

Week	Waar is aan gewerkt?
1	Verkennen van het thema
2	Opzetten van een onderneming in groepjes van drie
3	Ideeën en oplossingen bedenken, clusteren en kiezen
4 tot en met 6	Ontwerpen en experimenteren met materialen
7/8	Maken, testen en evalueren Workshops
	Presenteren, verdiepen en verbreden

In de eerste week is het thema klassikaal besproken en hebben de leerlingen onderzoek gedaan naar het thema. De leerlingen hebben in hun eigen omgeving gezocht naar antwoorden op de vraag wat ouderen nodig hebben, bijvoorbeeld door ouderen te bevragen. Er zijn groepjes van drie gevormd die hun eigen ‘onderneming’ hebben opgezet. Hiervoor hebben zij een bedrijfsnaam en logo bedacht. De leerlingen kregen in lijn met het schoolbrede thema van dat moment de opdracht om na te denken over duurzaamheid in hun onderneming en hun ontwerp. In de groepjes werkten de leerlingen iedere week een digitaal logboek bij.

In de tweede week hebben de leerlingen zoveel mogelijk ideeën en oplossingen bedacht. Daarnaast zijn zij verder gegaan met het verzamelen van kennis over het thema om tot nieuwe ideeën te komen. De kennis en ideeën zijn geclusterd. Uit de clusters heeft ieder groepje één ontwerp/idee gekozen waar ze verder mee aan de slag gingen. In de derde week hebben de leerlingen het idee verder uitgewerkt tot een ontwerptekening. Zij kregen hierbij de opdracht het ontwerp uit te werken vanuit verschillende perspectieven (voor-, zij-, bovenaanzicht). Verder hebben de leerlingen geëxperimenteerd met verschillende materialen. Aan het einde van week drie is een rolverdeling gemaakt met daarin de rollen van ict’er, verkoper en elektricien. In week vier tot en met zes zijn de leerlingen bezig geweest met maken, testen en evalueren. Het maken vond plaats in een maaklokaal op de school. De leerlingen hebben hun ontwerp getest op onder anderen op functionaliteit, materiaal en verbindingen. Gedurende deze weken zijn er ook drie workshops gegeven. De ict’er kreeg een workshop webdesign, de elektricien een workshop Micro:bit en stroomkring en de verkoper een workshop pitch. Ieder groepje kreeg de opdracht de Micro:bit te verwerken in het ontwerp. In de laatste twee weken kregen alle groepjes de opdracht om het product dat zij hadden ontworpen in de markt te zetten aan de hand van een pitch (Hoe werkt het? Waar draagt het aan bij?). Verder is er door de ict’er een website gemaakt waarin alle aspecten van de onderneming een plekje kregen.

4.2 Het leerarrangement “Inrichting schoolruimte”

In het leerarrangement “Het ontwerpen van de inrichting van de nieuwe ruimte voor spelen, vieren en maken van basisschool De Wijzer” (vanaf nu “*Inrichting schoolruimte*”) werkten de leerlingen zes weken lang een uur en een kwartier per week aan het ontwerpen van een onderdeel voor een nieuwe ruimte in de school. In deze nieuwe ruimte moeten maken, spelen en vieren centraal staan. De opbouw van het leerarrangement is niet terug te redeneren naar weken, omdat activiteiten soms plaatsvonden in meerdere weken. In Tabel 3 is de globale opbouw van het leerarrangement weergegeven. Onder de tabel zijn per onderdeel van het leerarrangement de belangrijkste activiteiten beschreven.

Tabel 3. Opbouw van het leerarrangement Inrichting schoolruimte

Waar is aan gewerkt?
1 Verkennen van het thema
2 Ideeën genereren en ontwerp schetsen
3 Experimenteren met materialen en maken
4 Presenteren

In de eerste week namen de leerlingen een kijkje in de ruimte die op dat moment nog werd gebouwd en waarvoor zij gingen ontwerpen. De directrice van de school lichtte de wensen en mogelijkheden voor de ruimte toe en de bouwvakkers lichtte de bouwtekeningen van de ruimte toe. De leerlingen maakten terug in de klas een start met nadenken over wat er nodig is om tot maken, spelen en vieren te komen door de begrippen te definiëren. Hiervoor werd o.a. gebruik gemaakt van een doorgeef mindmap. Daarna hebben de leerlingen een keuze gemaakt voor een idee en dit idee uitgewerkt in een ontwerpschets. De leerlingen kregen de keuze of zij alleen wilden werken aan hun ontwerp of dat zij dit in groepjes gingen doen. De keuze voor een groepje en ook de grootte van een groepje was vrij voor de leerlingen. Als de leerlingen ervoor kozen om in een groepje te gaan werken moesten zij tot overeenstemming komen in de keuze voor een uit te werken ontwerp. Gedurende twee weken werkten leerlingen aan het maken van hun prototype. Zij kregen hierbij de mogelijkheid om met verschillende materialen te experimenteren. Het maken vond plaats in een apart lokaal, dit was geen speciaal maaklokaal. De conciërge van de school was bij de maaklessen aanwezig om waar nodig leerlingen te helpen door uitleg te geven over maaktechnieken of het gebruik van gereedschap. De leraar had het idee om de leerlingen de mogelijkheid van 3D-printen aan te dragen als mogelijke techniek om te gebruiken bij het maken van hun prototype. Uiteindelijk is dit niet gebeurd tijdens de uitvoering van het arrangement. Aan het eind hebben de leerlingen hun prototypes aan elkaar gepresenteerd en elkaar feedback gegeven.

4.3 Het leerarrangement “Inclusieve Speelplaats”

In het leerarrangement “Het ontwerpen van een toekomstbestendige inclusieve speelplaats.” (vanaf nu: “Inclusieve Speelplaats”) werkten de leerlingen vier weken meerdere uren per week aan het ontwerpen van speeltoestellen van de toekomst. De opbouw van het leerarrangement in weken is weergegeven in Tabel 4. Onder de tabel zijn per onderdeel van het leerarrangement de belangrijkste activiteiten beschreven.

Tabel 4. Opbouw in weken van het leerarrangement Inclusieve Speelplaats

Week	Waar is aan gewerkt?
1	Probleem verkennen Ideeën verfijnen en selecteren
2	Ideeën selecteren Ontwerpen
3	Maken
4	Maken en presenteren

Voorafgaand aan de eerste week kregen de leerlingen de huiswerkopdracht mee om op zoek te gaan naar speeltoestellen waarvan zij denken dat dat daar iets aan veranderd kan worden om het speeltoestel meer ‘toekomstproof’ te maken. Tijdens de eerste week hebben de leerlingen eerst individueel gebrainstormd over mogelijke speeltoestellen van de toekomst op basis van de verzamelde input. Daarna hebben zij groepjes gevormd en de ideeën binnen het groepje besproken. De leerlingen mochten zelf hun groepje vormen en moesten met elkaar tot één verder uit te werken idee komen. De leraar gaf de leerlingen de keuze om een idee uit te werken of om uit te gaan van een probleemstelling. Als voorbeeld gaf hij de probleemstelling om een speeltoestel te ontwerpen dat toegankelijk is voor kinderen met een lichamelijke beperking. Tijdens de tweede week zijn de leerlingen verder gegaan met het selecteren van ideeën en een ontwerpvraag waarna ieder voor zich een uitwerking maakte van een ontwerp. De leerlingen legden deze ontwerpen bij elkaar en kwamen gezamenlijk tot één ontwerp. In deze week vond ook een workshop over de Micro:bit plaats. De leerlingen konden daarna zelf kiezen of zij de Micro:bit toe wilden voegen aan hun ontwerp. Voor het ontwerp was de eis dat de Micro:bit erin was verwerkt óf dat er in het ontwerp een bewegend onderdeel was opgenomen. In de derde en de vierde week zijn de leerlingen in groepjes bezig geweest met het maken van de prototypes. Tijdens het maken mochten de leerlingen kiezen of zij aan het werk wilden in het eigen lokaal of in het maaklokaal. In het lokaal konden de leerlingen aan de slag met verf, in het maaklokaal met gereedschappen en andere materialen. Aan het eind van week vier vonden twee presentatierondes plaats. In de eerste presentatieronde presenteerden de leerlingen hun prototypes aan elkaar. In de tweede presentatie ronde vond er een markt plaats waar ook ouders konden komen kijken naar de prototypes.

4.4 Het leerarrangement “Zwerfafvalrobot”

In het leerarrangement *Het ontwerpen van een zwerfafvalopruimrobot* (vanaf nu *Zwerfafvalrobot*) werkten de leerlingen ongeveer zeven weken aan het ontwerpen van oplossingen voor het opruimen of tegengaan van zwerfafval in de wijk. Door een aantal onvoorziene omstandigheden is er niet iedere week aandacht geweest voor Maakonderwijs en is het leerarrangement ingekort. Het is daarom lastig om een opbouw per week weer te geven. In Tabel 5 is de algemene opbouw in activiteiten weergegeven. Onder de tabel zijn per onderdeel van het leerarrangement de belangrijkste activiteiten beschreven.

Tabel 5. Opbouw van het leerarrangement Zwerfafvalrobot

Opbouw activiteiten	
1	Introductie en verzamelen afval
2	Bespreken thema en ideeën uitwerken
3	Samen tot een ontwerp komen
4	Maken
5	Presenteren en bijstellen

In de eerste week van het arrangement kwamen er mensen van de gemeente naar school toe om te vertellen over het zwerfafvalprobleem in de wijk en om samen met de leerlingen (in groepjes) in de wijk afval te gaan verzamelen. De leerlingen ordenden het afval per soort, waarna werd besproken welke typen afval de verschillende groepjes hadden gevonden. Later is in de klas besproken wat de leerlingen in de eerste week hadden gezien. Daarna zijn de leerlingen individueel na gaan denken over ideeën, ontwerpeisen en een ontwerpschets aan de hand van een ontwerpwerkblad. Daarna werden groepjes gevormd. De leerlingen kwamen op basis van hun individuele ideeën tot één idee dat zij verder uit gingen werken. Zij maakten ook afspraken over de materialen die zij gingen gebruiken. De leerlingen kregen ieder een rol binnen het groepje: teamcaptain, schrijver, materiaalbaas, tijdbewaker en programmeur. De groepjes bestonden uit drie leerlingen, een leerling kon meerdere rollen hebben binnen het groepje. Alle leerlingen hebben een introductieworkshop gehad over het gebruik van de Micro:bit. De leerlingen die de rol van programmeur hadden binnen het groepje hebben gedurende de maakweken nog een extra workshop gehad over het gebruik van de Micro:bit. Het maken vond plaats in het klaslokaal. Nadat de leerlingen de prototypes hadden gemaakt hebben zij deze aan elkaar gepresenteerd en elkaar feedback gegeven. De leerlingen hebben de feedback verwerkt door een verbeterslag over hun prototype te maken. Wegens tijdgebrek zijn de geplande eindpresentaties niet doorgegaan.

4.5 Het leerarrangement “Maak een satelliet”

In het leerarrangement *Maak een satelliet* (vanaf nu: *Satellieten*) werkten de leerlingen tien lessen lang aan het ontwerpen van satellieten die bijdragen aan het oplossen van een probleem op aarde. De duur van de verschillende lessen verschilde per week. De opbouw van het leerarrangement in lessen is weergegeven in Tabel 6. Onder de tabel zijn per onderdeel van het leerarrangement de belangrijkste activiteiten beschreven.

Tabel 6. Opbouw in lessen van het leerarrangement *Satellieten*

Les	Waar is aan gewerkt?
1	Introductie thema en individueel brainstormen over satellieten
2	Gezamenlijk verder brainstormen over satellieten
3	Brainstorm over problemen op aarde
4	Onderzoeksvragen opstellen
5	Ontwerpschetsen maken en groepjes vormen
6	Definitieve idee en ontwerpschets maken
7-9	Maken
10	Afmaken en presenteren

Het leerarrangement startte met een introductie waarin klassikaal werd gesproken over wat satellieten zijn, welke verschillen er zijn en wat ze doen. Hiervoor zijn ook filmpjes gebruikt die horen bij het IPC-thema over satellieten waar de leerlingen mee aan het werk gingen. In de eerste les hebben de leerlingen individueel gebrainstormd over het thema en ideeën. In de tweede les hebben de leerlingen in tweetallen de mindmaps uit de eerste les verder uitgewerkt. In de derde les hebben de leerlingen gebrainstormd over problemen die op aarde voorkomen. Er is een groepsgesprek gevoerd over verschillende mogelijkheden hoe een satelliet kan bijdragen aan het oplossen van deze problemen. In de vierde les is gewerkt met het vragenmachientje. Deze is klassikaal geïntroduceerd waarna de leerlingen in groepjes aan de slag zijn gegaan met het formuleren van een goede onderzoeksvraag. In de vijfde les kreeg iedere leerling twee grote vellen en kreeg iedere leerling de opdracht om twee verschillende ontwerpschetsen te maken en om dus twee ideeën uit te werken. Daarna werden de ontwerp-groepjes gevormd, leerlingen mochten zelf de groepjes samenstellen met een maximum van vier leerlingen per groepje. De leerlingen mochten ook kiezen alleen verder te werken. In de groepjes werkten de leerlingen toe naar een definitieve ontwerp-vraag en een definitieve ontwerpschets. Gedurende de zesde les hebben de leerlingen de schets afgemaakt. Daarna hebben vier maaklessen plaatsgevonden. Het maken vond plaats in een *Arts en Science* lokaal binnen de school. Tijdens de laatste maakles hebben de leerlingen hun prototypes ook aan elkaar gepresenteerd.

5. Resultaten na cyclus 1

Het doel van het onderzoek in cyclus 1 was vooral om te onderzoeken waar de leerarrangementen verbeterd konden worden, om zo input te leveren voor het herontwerpen van de leerarrangementen in cyclus 2. De bevindingen uit de interviews en observaties hebben geleid tot een lijst met aandachtspunten voor het herontwerp van de leerarrangementen voor cyclus 2. Deze aandachtspunten bestaan uit adviezen voor de leraren. Per aandachtspunt wordt beschreven hoe dit aandachtspunt voortkomt uit bevindingen uit de interviews en observaties. De aandachtspunten vormen ook input voor het beantwoorden van onderzoeksvraag 2 Welke vakdidactische en pedagogische principes horen bij Maakonderwijs?

5.1 Aandachtspunten op basis van resultaten van cyclus 1

5.1.1 *Besteed meer aandacht aan het afbakenen en/of kiezen van de vraag en het probleem*

Door af te bakenen kunnen leerlingen meer de diepte in op een aspect en gericht reflecteren op de vraag of het ontwerp/prototype een oplossing biedt voor het probleem.

In het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* hebben de leerlingen in cyclus 1 afgebakend waar zij hun ontwerp op gaan richten. Zij hebben een keuze gemaakt uit problemen waar ouderen tegenaan kunnen lopen als zij langer thuis blijven wonen. Het ging hier bijvoorbeeld om het moeilijk kunnen opstaan uit een stoel of problemen met het pakken van attributen die buiten het fysieke bereik van de persoon liggen. De keuze van een specifiek probleem hielp de leerlingen om gericht te gaan ontwerpen, maar ook om aan het eind te evalueren of het prototype bijdraagt aan de initiële ontwerpvraag/probleemstelling. Andere leraren merkten dat zij het lastig vonden om leerlingen inhoudelijk te laten reflecteren op hun prototype en om leerlingen nog een verbeterslag te laten maken over de eerste versie van het prototype.

Het is de verwachting dat het maken van keuzes in ontwerp vragen kan helpen om gerichtere doelen en/of eisen voor het ontwerp op te stellen en op basis daarvan gericht te reflecteren op of het prototype een oplossing biedt voor het probleem. Het opstellen van ontwerpeisen en van hypothesen (beiden onderdeel van de W&T-doelen) kan op deze manier ook een plekje krijgen in Maakonderwijs.

5.1.2 *Laat leerlingen informatie opzoeken over het probleem (en eventueel uitleg geven over het opzoeken van informatie)*

In bijna alle leerarrangementen werd in cyclus 1 informatie verzameld door de leerlingen. Dit gebeurde echter in geringe mate en werd niet altijd aangestuurd door de leraar.

In het arrangement *Zwerfafvalrobot* konden leerlingen bijvoorbeeld informatie opzoeken als zij dat zelf nodig achtten, maar zij deden dit weinig. In de leerarrangementen *Zelfstandige Ouderen* en *Inclusieve Speelplaats* werden leerlingen wel expliciet aangespoord om informatie op te zoeken op internet. Dit leidde ertoe dat leerlingen gericht op zoek gingen. Bij *Zelfstandige Ouderen* spoorde de leraar leerlingen bijvoorbeeld aan om op te zoeken of een bepaald idee al bestond. Dit droeg bij aan het opdoen van inspiratie en leek daarmee bij te dragen aan het bedenken van creatieve en nieuwe ideeën. Bij *Inclusieve Speelplaats* moedigde de leraar leerlingen aan om informatie te zoeken over bestaande speeltoestellen om hen te inspireren om met nieuwe ideeën te komen.

Verder bleek dat leerlingen soms hulp nodig hadden bij het opzoeken van informatie. Dit gold bijvoorbeeld voor de leerlingen van het leerarrangement *Inclusieve Speelplaats*. De leraar heeft klassikaal met de leerlingen besproken wat voor zoekwoorden ze zouden kunnen gebruiken en wat voor informatie ze op zouden kunnen zoeken. Bij het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* merkte de leraar ook dat leerlingen niet altijd weten hoe ze goed naar informatie kunnen zoeken.

5.1.3 Maak niet te snel de stap naar het schetsen van een ontwerp

De leerlingen kunnen dan vanuit een breder perspectief oplossingen bedenken voordat zij aan het ontwerpen gaan. Op die manier komen zij los van de ideeën die zij vooraf al hadden (divergent/outside the box denken).

Meerdere leraren gaven aan dat zij het lastig vonden leerlingen breed te laten brainstormen en zich niet direct vast te leggen op het eerste idee dat zij hadden. In een arrangement werden ideeën direct uitgewerkt in een ontwerpschets. De leerlingen wilden hierdoor in een tweede ronde niet meer nadenken over andere ideeën, maar dit eerste idee direct gaan maken. Door niet te snel de stap te maken naar het schetsen van een ontwerp is de verwachting dat leerlingen meer open staan voor een bredere brainstorm en daarmee meer divergent en creatief denken.

5.1.4 Geef leerlingen voldoende tijd om de ontwerpeisen scherp te krijgen

Hiermee laat je leerlingen meer nadenken over waar het product aan moet voldoen om een oplossing te bieden voor het probleem.

Door leerlingen ontwerpeisen te laten opstellen worden leerlingen mogelijk meer aangezet tot nadenken over waar het prototype aan moet voldoen om een oplossing te bieden voor het probleem/de ontwerpvrage. Daarnaast helpt het leerlingen om scherp te krijgen hoe zij hun idee uit kunnen werken tot een ontwerp: welke onderdelen moeten in het ontwerp opgenomen worden en dus gemaakt worden? De verwachting is dat het laten opstellen van ontwerpeisen leerlingen helpt om dieper na te denken over hun ontwerp. Verschillende leraren gaven aan dat zij vonden dat leerlingen hun ideeën meer in detail hadden kunnen uitdenken.

Ook kan het opstellen van ontwerpeisen bijdragen aan het later evalueren van het prototype. Als leerlingen expliciet ontwerpeisen formuleren kunnen leerlingen later evalueren of deze eisen ook terugkomen in het prototype en zoals verwacht uitwerken in het ontwerp. Alleen in het leerarrangement *Zwerfafvalrobot* hebben leerlingen ontwerpeisen voor hun ontwerp opgesteld. De leerlingen kregen de opdracht op te schrijven waar de machine die zij gingen ontwerpen aan moest voldoen. De leraar gaf hierbij een voorbeeld van een opruimrobot, waarbij het een eis is dat deze zich kan bewegen door de openbare ruimte. In het eindinterview gaf de leraar aan dat de ontwerpeisen hielpen bij het verhelderen van het ontwerp en het uitwerken van het ontwerp. Hij gaf hierbij aan dat in de presentaties bleek dat de ontwerpeisen nog niet altijd scherp genoeg waren en dat de groepjes daarom feedback kregen op punten die zij nog verder uit konden werken en waar zij de ontwerpeisen nog konden aanscherpen. De ontwerpeisen hielpen bij het uitdenken van het ontwerp en het terugblikken op het ontwerp en werkten zowel voor hem als voor de leerlingen verhelderend volgens de leraar.

5.1.5 *Laat leerlingen een werkend prototype maken met gebruik van ict als ontwerpeis*

Leerlingen een werkend prototype laten maken biedt hen de mogelijkheid om het prototype te testen en bij te stellen en stimuleert leerlingen verder te denken over wat werkt. Gebruik van ict kan bijdragen aan het komen tot een werkend prototype.

Het kan hierbij ook gaan om een werkend onderdeel van het prototype, als een geheel werkend prototype niet haalbaar is. Leerlingen moeten dan wel op de hoogte zijn van de mogelijkheden om ict te integreren, bijvoorbeeld in de vorm van een workshop.

Alleen in het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* was het gebruik van ict in het prototype een door de leraar gestelde ontwerpeis: leerlingen moesten een ge-3D-print onderdeel in hun prototype verwerken. Daarbij was dit ook het enige leerarrangement waarin de leerlingen een werkend prototype hebben gemaakt. Zowel het gebruik van ict in het leerarrangement als het laten maken van een werkend prototype maakte dat leerlingen konden experimenteren met (deel)ontwerpen: werkt het zoals bedoeld? Van daaruit konden zij verbeteringen doorvoeren om hun prototype beter te laten werken. Dit droeg ook bij aan de mate waarin de leerlingen hun prototype konden testen, evalueren en bijstellen. Leraren van andere leerarrangementen gaven aan het moeilijk te vinden om leerlingen een verbetering te laten maken over hun prototype: leerlingen vonden het al snel goed. Bij deze leerarrangementen hoefden de leerlingen het prototype niet werkend te maken. In het arrangement *Zwerfafvalrobot* gaf de leraar bijvoorbeeld vanaf het begin aan dat leerlingen uiteindelijk ook bij hun prototype (in de vorm van een model) mochten uitleggen hoe het zou moeten werken, in plaats van het echt werkend te demonsteren.

5.1.6 *Denk na over het vooraf stellen van maakbaarheidseisen*

Het stellen van maakbaarheidseisen kan voorkomen dat leerlingen te groot gaan denken en dan teleurgesteld worden als ze hun idee niet uit kunnen werken. Het kan echter ook een nadeel zijn als leerlingen vanaf het begin beperkt worden in hun denken en te dicht bij al bekende oplossingen blijven.

De leerlingen werden in alle arrangementen in het begin gestimuleerd om breed te brainstormen over mogelijke oplossingen voor het probleem waar zij voor gingen ontwerpen. In het arrangement *Zelfstandige Ouderen* leidde dit tot ideeën als een roltrap voor in huis of een volledige fitnesscentrum voor bejaarden. Bij de stap om een keuze te gaan maken uit ideeën of de stap naar het maken werd dan door de leraar aangegeven dat het niet haalbaar was om deze ideeën uit te werken tot een werkend prototype. De leerlingen moesten dan keuzes maken in wat zij uiteindelijk gingen uitwerken. Een leraar gaf in het eindinterview aan het lastig te vinden te bepalen wanneer hiervoor het juiste moment is, zonder de leerlingen te beperken om in het begin in de breedte en outside the box na te denken over ideeën. Voor sommige leerlingen voelde het alsof ze een stap terug moesten nemen in het proces door zich te moeten focussen op een klein deel van hun initiële idee. Een suggestie van de leraar om leerlingen te helpen tot haalbare ideeën te komen is om andere beperkingen op te leggen door bijvoorbeeld een maximale grootte voor het prototype te bepalen of te zeggen dat het prototype met de hand bediend moet kunnen worden. Op deze manier worden leerlingen gestimuleerd tot haalbare ideeën te komen, maar kan de beperking er ook voor zorgen dat leerlingen creatieve oplossingen moeten bedenken om ideeën die zij hadden zo aan te passen dat het aan de eisen voldoet. De verwachting is dat dit het creatieve denken juist zou kunnen stimuleren. Ditzelfde geldt voor het opleggen van beperkingen in het gebruik van materiaal, bijvoorbeeld door de leerlingen te zeggen dat ze geen lijm mogen gebruiken. Leerlingen moeten dan creatief zijn in het bedenken van

andere oplossingen om onderdelen aan elkaar te verbinden. Op deze manier kan het opleggen van beperkingen de creativiteit van leerlingen stimuleren.

Bij een arrangement gaf de leraar aan bewust niet te hebben aangestuurd op haalbaarheid. Dit arrangement werd uitgevoerd in groep 4 waarin de leerlingen veel fantasie hebben en van daaruit ook met ideeën kwamen die voortkwamen uit deze fantasie en die vaak niet haalbaar of reëel waren. Een voorbeeld hiervan is een zwembad met chocola. De leraar wilde op deze manier aansluiten bij de ontwikkelingsfase waar de leerlingen zich in bevonden.

5.1.7 Kies bewust voor het wel/niet aanbieden van workshops maaktechnieken

Leerlingen kozen vaak voor het toepassen van maaktechnieken (materialen en gereedschappen) die zij al kenden. Leraren worstelden met de vraag of en op welke manier ze instructie konden geven over nieuwe maaktechnieken. Het gevaar bij het aanleren van een specifieke maaktechniek is dat alle leerlingen/groepjes deze techniek gaan gebruiken om hun prototype te maken, ook als deze techniek eigenlijk niet past bij wat zij gaan maken.

De leraren gaven aan het als doel van Maakonderwijs te zien om leerlingen te leren zelf keuzes te maken in welke maaktechnieken zij toepassen. Om deze keuzes te kunnen maken hebben leerlingen wel inzicht nodig in maaktechnieken die zij zouden kunnen toepassen. De balans tussen het aanleren van maaktechnieken en hiermee niet teveel sturen welke techniek leerlingen toepassen in hun ontwerp is daarmee iets waar iedere leraar een bewuste keuze in moet maken.

Als het ging om gereedschappen kozen leraren verschillende manieren van helpen met vaardigheden geobserveerd: aanwijzingen geven, voordoen, overnemen van de leerling of de leerling het zelf uit laten zoeken (aan laten klooiën). De keuzes hiervoor bleken tijdens de eerste cyclus nog niet altijd bewust.

5.1.8 Gebruik peerfeedback of een vragenronde tijdens de ontwerp- en/of maakfase

Als leerlingen elkaar feedback geven of elkaar vragen stellen over het ontwerp of het prototype, kan deze input daarna gebruikt worden voor een verbeterslag van het ontwerp of het prototype.

In alle leerarrangementen werd aan het einde van het proces peerfeedback gegeven op de prototypes aan de hand van een eindpresentatie. Alle leraren gaven aan dat dit ideeën opleverde om het prototype verder te verbeteren. Het toevoegen van een tussentijdse presentatieronde maakt dat leerlingen de feedback nog kunnen meenemen in een verbeterslag over hun prototype.

5.1.9 Kies het juiste moment om bij te sturen

Net als bij het stellen van maakbaarheidseisen, is het kiezen van het moment om bij te sturen niet gemakkelijk: wat is het juiste frustratieniveau om leren bij leerlingen te optimaliseren?

De leraren gaven aan dat zij ‘op hun handen moesten gaan zitten’ tijdens de leerarrangementen. Zij wilden de leerlingen zoveel mogelijk zelf laten ondervinden wat werkt en wat niet. Hierbij vroegen zij zich wel af wanneer zij wel moeten bijsturen om frustratie bij de leerlingen te voorkomen en om te voorkomen dat leerlingen de focus leggen op bijvoorbeeld het mooi maken van het product in plaats van op de functionele kant. Tijdens de observaties hebben we leraren regelmatig tips zien geven over hoe iets handiger kon. Soms gebeurde dit door voor te zeggen wat de leerlingen anders konden doen (bijvoorbeeld het overnemen van het gereedschap), andere keren was dit in de vorm van het stellen van open vragen om de leerlingen na te laten denken over hoe zij iets anders kunnen doen (bijvoorbeeld: ‘zou je dit ook anders aan kunnen pakken?’). Iedere leraar is in aanloop naar cyclus 2

gevraagd na te denken wat hiervoor past bij hun arrangement en doelgroep: wanneer besluiten zij in te grijpen en bij te sturen en welke zaken willen zij de leerlingen zelf laten ervaren?

In het arrangement *Zelfstandige Ouderen* werkte een groepje leerlingen aan een zelfrijdend boodschappenmandje met een grijparm die automatisch boodschappen kon doen voor mensen die dat niet meer zelf konden. Deze leerlingen besteedden veel tijd aan het maken van het mandje, waardoor er minder focus was op de functionele kant: de grijparm. De leraar heeft getwijfeld of hij het idee om een bestaand mandje te halen bij bijvoorbeeld de supermarkt aan zou dragen of dat hij de leerlingen hun gang liet gaan. Hij heeft gekozen dit laatste te doen en de leerlingen hebben in de evaluatie zelf gereflecteerd op het feit dat het maken van het mandje hen veel tijd heeft gekost en dat zij het een volgende keer anders zouden doen. Dit is een leerervaring voor de leerlingen doordat de leraar heeft besloten zich hier niet mee te bemoeien. Anderzijds hadden de leerlingen zich meer kunnen richten op de werking van de grijparm als de leraar de suggestie had gedaan om een bestaand mandje te gebruiken. Deze grijparm was uiteindelijk nauwelijks uitgewerkt in het prototype.

5.1.10 Stimuleer bewust het denken van leerlingen door middel van vragen

Welke (verdiepings)vragen kun je stellen om leerlingen verder te laten denken?

Alle leraren gaven aan nog zoekende te zijn naar manieren om goede open vragen te stellen om het denken van leerlingen te stimuleren. De leraren is daarom gevraagd om in aanloop naar cyclus 2 na te denken over mogelijke verdiepingsvragen. Hierbij is hen een kwaliteitskaart 'stimuleren van denken en redeneren van leerlingen' aangereikt (Wismans, Slot, & Bastings, 2013).

5.2 Werkwijze herontwerpen leerarrangement

Voor het herontwerpen van de leerarrangementen in cyclus 2 kregen de leraren een herontwerpformulier met aandachtspunten waarover zij konden nadenken bij het herontwerpen, gebaseerd op de bevindingen uit cyclus 1. Aan de hand van dit herontwerpformulier gingen de leraren met een mediamentor of lerarenopleider aan de slag om hun leerarrangement te herontwerpen. Hierbij moesten soms ook aanpassingen in het leerarrangement worden gemaakt vanwege uitvoering in een ander leerjaar.

5.2.1 Herontwerpformulier

In het herontwerpformulier werden op basis van de bevindingen uit cyclus 1 aandachtspunten gegeven voor het aanpassen/herontwerpen van de leerarrangementen. Deze aandachtspunten waren geformuleerd als vragen met betrekking tot mogelijke keuzes die leraren konden maken in hun leerarrangement, zoals '*Leerlingen zelf een probleemstelling laten kiezen/opstellen?*' of '*Leerlingen een werkend prototype laten maken?*'. Bij elke vraag in het formulier werd ook kort genoemd wat het voordeel van een bepaalde keuze zou kunnen zijn, uitgaande van de bevindingen uit cyclus 1. Daarnaast bevatte het herontwerpformulier vragen over eventuele aanpassingen in het aanbod laten komen van de W&T-leerdoelen en over aanpassingen in leerkrachthandelingen. De bedoeling van het formulier was om de leraren aan te zetten over de genoemde punten na te denken bij het maken van keuzes voor het herontwerp van hun leerarrangement.

Voor elke leraar werd een persoonlijk herontwerpformulier samengesteld, met aandachtspunten afgestemd op het leerarrangement van de betreffende leraar. Een voorbeeld van een herontwerpformulier is te vinden in Bijlage F: Voorbeeld herontwerpformulier.

In het formulier was voor de leraren ruimte om toe te lichten welke aanpassingen ze in hun leerarrangement hadden gemaakt naar aanleiding van de genoemde punten. In de instructie was naar de leraren gecommuniceerd dat zij vrij waren hun eigen keuzes te maken en dat het dus ook goed was als zij besloten niets aan te passen op basis van een vraag uit het formulier.

6. Resultaten: W&T-doelen en Maakonderwijs

In dit hoofdstuk bespreken we de gegevens die verzameld zijn met betrekking tot onderzoeksvraag 1 waarbij het gaat over de Wetenschap en Technologie (W&T) doelen die met Maakonderwijs gerealiseerd kunnen worden. Hierbij baseren we ons op de gegevens die verzameld zijn in cyclus 2. In paragraaf 6.1 bespreken we de resultaten ten aanzien van de leerdoelen uit de ontwerpcyclus van SLO (zie paragraaf 3.1). We baseren ons hierbij op de bevindingen uit de interviews, de lesobservaties en de leerlingvragenlijst leerdoelen W&T. In paragraaf 6.2 gaan we in op de resultaten wat betreft de houdingsaspecten van leerlingen in relatie tot W&T (SCILE-vragenlijst).

6.1 W&T-leerdoelen in de leerarrangementen

Hieronder wordt per W&T-deelgebied (aan de hand van de lijst uit paragraaf 3.1 op pagina 10) beschreven in hoeverre ze in de leerarrangementen voorkomen.

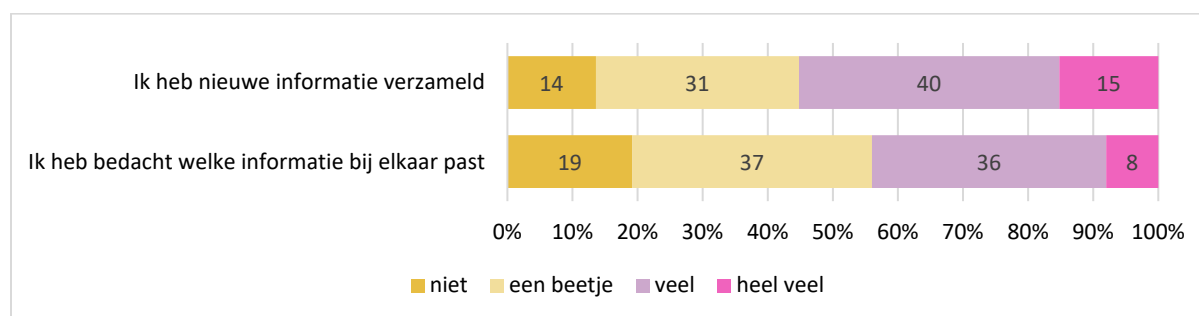
Confronteren met vraag of probleem.

6.1.1 Informatie verzamelen

W&T-leerdoel 1: De leerling kan bronnen, informatie, ervaringen en meningen rond een probleem of idee verzamelen, ordenen en delen.

Uit de interviews met leraren blijkt dat de leerarrangementen verschillen in de mate waarin aandacht is besteed aan het verzamelen en ordenen van informatie. In de leerarrangementen *Inrichting schoolruimte* en *Inclusieve Speelplaats* konden leerlingen op eigen initiatief informatie opzoeken. Dit werd door sommige leerlingen gedaan, maar ze werden hierin niet expliciet gestimuleerd of begeleid. De leraren gaven aan dat de leerlingen in andere vakken al hadden geleerd over het opzoeken van informatie en het daarom niet nodig te vinden om daar in dit leerarrangement veel aandacht aan te besteden. In de leerarrangementen *Satellieten* en *Zwerfafvalrobot* werd vooral gebruik gemaakt van door de leraar aangereikte informatie. Deze informatie moesten de leerlingen wel zelf ordenen in de vorm van een mindmap. Daarnaast konden leerlingen ook zelf informatie opzoeken, maar dat werd niet veel gedaan. Bij het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* werd wel expliciet aandacht besteed aan het verzamelen van informatie. Leerlingen hebben instructie gekregen in het opzoeken van informatie op internet en zijn daar zelf mee aan de slag gegaan.

Figuur 10 toont de antwoorden van leerlingen op de vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen die aansluiten bij informatie verzamelen.



Figuur 10. Antwoorden op de vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Informatie verzamelen

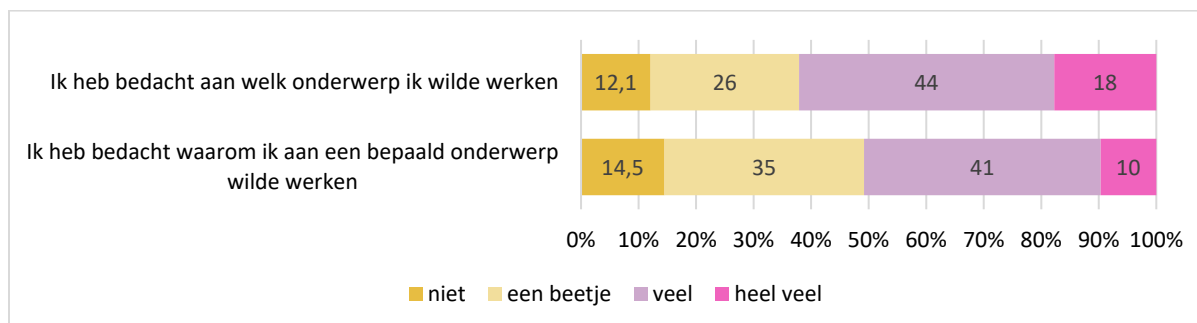
6.1.2 Afbakenen tot ontwerpvraag

W&T-leerdoel 2: De leerling kan een probleem afbakenen tot een ontwerpvraag.

W&T-leerdoel 3: De leerling kan op basis van de verzamelde informatie een beargumenteerde keuze maken voor een of enkele uit te werken ontwerp vragen/onderzoeksvragen.

Uit de interviews werd duidelijk dat er verschillen waren tussen de leerarrangementen in de mate waarin aandacht werd besteed aan het afbakenen tot een ontwerpvraag. In de leerarrangementen *Inclusieve Speelplaats*, *Inrichting schoolruimte* en *Zwerfafvalrobot* hoefden de leerlingen niet zelf ontwerp vragen op te stellen. Wel moesten de leerlingen in deze leerarrangementen een keuze maken voor een bepaalde focus voor hun ontwerp. Bij *Inrichting schoolruimte* konden de leerlingen ervoor kiezen zich te richten op de thema's spelen, werken, en/of vieren. Bij *Zwerfafvalrobot* konden leerlingen kiezen voor het opruimen van een specifiek soort afval, of afval in het algemeen. Enkele leerlingen hebben expliciet gekozen zich te richten op het opruimen van een bepaald type afval (bijvoorbeeld blik), de meeste leerlingen hebben hier echter niet echt over nagedacht volgens de leraar. Bij *Inclusieve Speelplaats* kon worden gekozen voor het ontwerpen van een innovatief speeltoestel (speeltoestel van de toekomst) of een speeltoestel waarmee een bepaald probleem kon worden opgelost. Hierbij hebben de leerlingen wel kennis gemaakt met een ontwerp vraag: De leraar gaf een voorbeeld van een ontwerp vraag (hoe kun je een speeltoestel bouwen waar ook lichamelijk gehandicapte kinderen op kunnen spelen?). De meeste leerlingen hebben deze ontwerp vraag overgenomen. In de leerarrangementen *Satellieten* en *Zelfstandige Ouderen* werd meer aandacht besteed aan het opstellen van een ontwerp vraag. Bij beide leerarrangementen gaf de leraar aan dat het afbakenen tot een ontwerp vraag veel sturing en begeleiding vraagt; leerlingen doen dit niet uit zichzelf. De leraren vinden dit een pittig leerdoel en zoeken zelf nog naar manieren hoe ze dit goed kunnen begeleiden.

In Figuur 11 zien we dat ruim 60% van de leerlingen aangaf dat zij (heel) veel aandacht hebben besteed aan de vraag aan welk onderwerp zij wilden werken. Het nadenken over het waarom van deze keuze gebeurde iets minder, maar nog steeds heeft ruim de helft van de leerlingen hieraan volgens eigen zeggen (heel) veel aandacht besteed.



Figuur 11. Antwoorden op de vragen uit de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Afbakenen tot ontwerp vraag

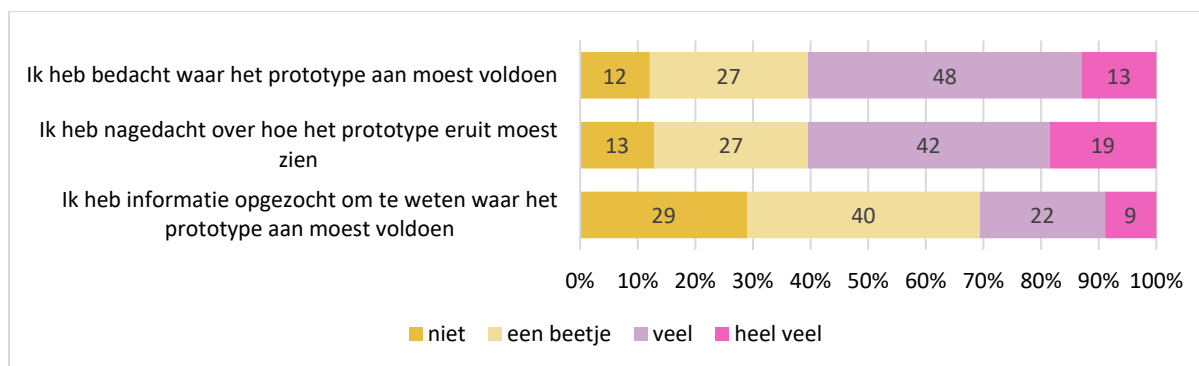
6.1.3 Ontwerpeisen opstellen.

W&T-leerdoel 4: De leerling kan op basis van verzamelde informatie eisen en criteria opstellen waaraan een ontwerp moet voldoen.

W&T-leerdoel 5: De leerling kan ontwerpeisen uitwerken en verantwoorden op basis van activiteiten, experimenten en onderzoeken

In de interviews en observaties kwam naar voren dat in alle leerarrangementen leerlingen hebben nagedacht over waar hun ontwerp aan moest voldoen. In de meeste leerarrangementen kwam het opstellen van ontwerpeisen echter niet expliciet aan bod. Bij het leerarrangement *Zwerfafvalrobot* werd leerlingen wel expliciet gevraagd om eisen op te schrijven waaraan het ontwerp moest voldoen. De leraar gaf aan dat sommige leerlingen goed onderbouwde eisen hadden opgesteld, maar dat er ook leerlingen waren met mager onderbouwde of helemaal geen eisen. In het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* hebben de meeste leerlingen eisen voor de afmetingen en materialen van hun ontwerp opgenomen in de ontwerptekening. In de andere leerarrangementen werden ontwerpeisen niet expliciet genoteerd, maar besteedde de leraar in de begeleiding wel aandacht aan het waarom van bepaalde ontwerpkeuzes. De eisen die werden geformuleerd waren meestal niet onderbouwd op basis van informatie die door leerlingen was opgezocht.

Als we kijken naar de resultaten van de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen (Figuur 12), dan zien we dat ca. 60% van de leerlingen aangeeft veel of heel veel te hebben nagedacht over waar het prototype aan moet voldoen en hoe het eruit moest zien. Het opzoeken van informatie om te weten waar het prototype aan moest voldoen gebeurde echter een stuk minder: ca. 30% van de leerlingen heeft dit (heel) veel gedaan.



Figuur 12. Antwoorden op de vragen uit de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Ontwerpeisen opstellen

Verkennen en oplossingen bedenken.

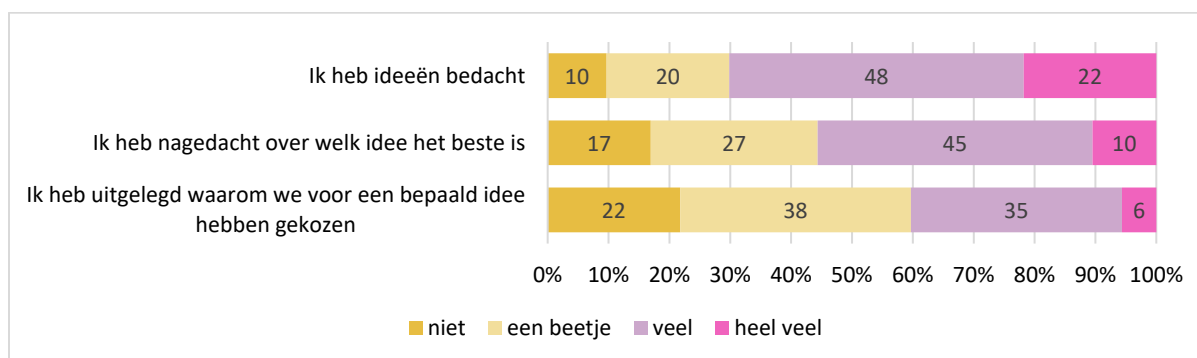
6.1.4 Oplossingen bedenken en kiezen

W&T-leerdoel 6: De leerling kan voor een ontwerp vraag verschillende oplossingen bedenken en op basis van de eisen komen tot een best passende oplossing.

Uit de interviews en observaties komt naar voren dat in alle arrangementen de leerlingen oplossingen/ontwerpideeën hebben bedacht. In sommige leerarrangementen (*Zelfstandige Ouderen, Satellieten, Inclusieve Speelplaats*) werden leerlingen duidelijk gestimuleerd om meerdere verschillende mogelijke oplossingen te bedenken. In andere leerarrangementen hoefden leerlingen slechts één idee te bedenken. Meerdere leraren gaven aan dat zij het lastig vonden leerlingen verder te laten denken dan hun eerste idee. Ook bleek het lastig leerling iets echt ‘nieuws’ te laten bedenken. In het leerarrangement *Inrichting schoolruimte*, bijvoorbeeld, kwamen veel leerlingen met al bestaande oplossingen. Door verschillende oplossingen te combineren kwamen groepjes leerlingen soms toch tot meer innovatieve ideeën, zoals een opbergkast met een klimwand erop.

Het kiezen uit verschillende oplossingen vond in alle leerarrangementen plaats. In leerarrangementen waarin elke leerling maar één oplossing had bedacht, moesten de leerlingen vervolgens in groepjes kiezen uit de oplossingen van de verschillende leerlingen. De mate waarin volgens de leraren is beargumenteerd wat de best passende oplossing is verschilt. In de arrangementen *Zwerfafvalroboten* *Inclusieve Speelplaats* zijn keuzes beargumenteerd doordat in groepjes in discussie gekozen moest worden uit individuele ideeën van leerlingen. Beide leraren geven aan dat niet alle leerlingen actief deelnamen aan de discussies; niet iedereen kon argumenten bedenken. De leraar van het arrangement *Satellieten* gaf aan dat de keuzes die de leerlingen maakten naar haar idee niet altijd de best passende waren. Zij vond dit lastig te stimuleren, omdat ze het ook erg lastig vond om de leerlingen concrete ontwerpeisen op te laten stellen (zie hierboven). De leerlingen konden hun ideeën daarom niet altijd afzetten tegen de ontwerpeisen.

Figuur 13 toont de resultaten uit de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen wat betreft het bedenken en kiezen van oplossingen/ideeën. De meeste leerlingen (ca. 70%) geven aan dat zij (heel) veel ideeën hebben bedacht. Dit komt overeen met de nadruk die er in alle leerarrangementen lag op het bedenken van ideeën. Er is echter ook een kleine groep leerlingen (ca. 10%) die naar eigen zeggen geen ideeën heeft bedacht. Het nadenken over welk idee het beste is gebeurde wat minder, maar nog steeds deed ruim de helft van de leerlingen (56%) dit volgens eigen zeggen (heel) veel. Het uitleggen van de keuze voor een bepaald idee gebeurde het minst. Zo’n 40% van de leerlingen gaf aan dit (heel) veel gedaan te hebben, tegenover ca. 22% die dit helemaal niet heeft gedaan.



Figuur 13. Antwoorden op de vragen uit de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Oplossingen bedenken en kiezen.

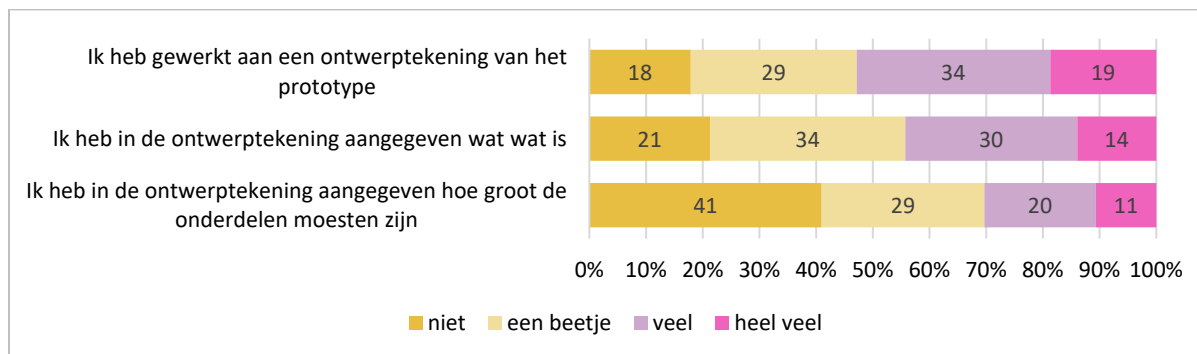
Ontwerp schetsen en materiaal en gereedschap verzamelen.

6.1.5 Ontwerptekening maken

W&T-doel 7: De leerling kan de ontwerp oplossing uitwerken in een schets of (bouw-)tekening

Uit de interviews en observaties blijkt dat in alle leerarrangementen de leerlingen ontwerptekeningen hebben gemaakt. De leraren geven wel aan dat de kwaliteit van de ontwerptekeningen sterk verschilde tussen leerlingen. Zo gaf de leraar van het arrangement *Zwerfafvalrobot* aan dat sommige leerlingen gewoon een ‘leuke tekening’ maakten, waaruit niet duidelijk werd hoe het prototype er precies uit moest komen te zien, omdat bijvoorbeeld details of de juiste verhoudingen ontbraken. In Figuur 14 zien we dat ook de leerlingen aangeven veel te hebben gewerkt aan een ontwerptekening. Ruim de helft van de leerlingen heeft dit naar eigen zeggen veel tot heel veel gedaan, en circa 30% een beetje. Ook hieruit komt dus naar voren dat er veel aandacht is besteed aan het maken van ontwerptekeningen. Er is echter ook een groep leerlingen (circa 18%) die aangeeft niet gewerkt te hebben aan een ontwerptekening.

De meeste leerlingen zeggen dat zij een beetje (34%) of (heel) veel (circa 44%) in de ontwerptekening hebben aangegeven wat wat is. Het aangeven hoe groot de onderdelen in de ontwerptekening moesten zijn gebeurde volgens de leerlingen een stuk minder. Slechts ca. 30% van de leerlingen heeft dit veel tot heel veel gedaan. Dit komt overeen met wat we zagen bij de interviews en observaties: bij de meeste leerarrangementen werd weinig aandacht besteed aan het aangeven van afmetingen. Het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* was hierop een uitzondering.



Figuur 14. Antwoorden op de vragen uit de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Ontwerp schetsen.

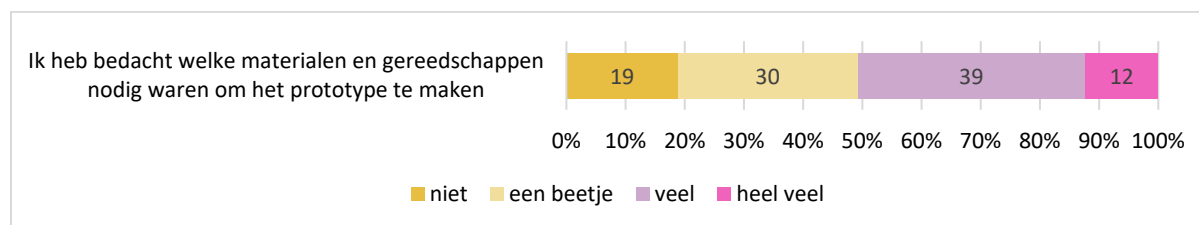
6.1.6 Materialen en gereedschap verzamelen

W&T-doel 8: De leerling kan geschikte materialen en gereedschap verzamelen

In de meeste leerarrangementen werd, zo bleek uit de interviews, expliciet aandacht besteed aan het verzamelen van materialen. Leerlingen moesten vaak per groepje een lijstje maken van benodigde materialen, en afspreken wie wat zou meenemen, of materialen bij de leraar ‘bestellen’. Niet alle leerlingen hadden echter voorafgaand aan het maken nagedacht over welk materiaal zij nodig hadden. Bij het arrangement *Inclusieve Speelplaats* waren er bijvoorbeeld leerlingen die gewoon aan de slag gingen met het materiaal dat zij in de klas vonden, zonder na te denken of dit het meest geschikt was.

Wat betreft benodigde gereedschappen werden meestal niet van tevoren lijstjes gemaakt, maar kwamen leerlingen er vaak tijdens het maken achter wat voor gereedschappen nuttig zouden zijn.

Hierbij werden zij vaak geholpen door de leraar. Bij *Inrichting schoolruimte* gaf de leraar aan dat de leerlingen er gaandeweg achter kwamen wat zij nodig hadden, waardoor zij een volgende keer waarschijnlijk beter vooraf in kunnen schatten wat zij nodig hebben. Veel leerlingen geven aan te hebben nagedacht over de benodigde materialen en gereedschappen (zie Figuur 15). Ruim de helft van de leerlingen deed dit veel tot heel veel. Dit komt overeen met de aandacht die hieraan besteed is in de leerarrangementen (met name wat betreft materialen). Er is echter ook een groep leerlingen die aangeeft hier niet mee bezig te zijn geweest. Mogelijk heeft dit te maken met de verdeling van taken binnen de groepjes.



Figuur 15. Antwoorden op de vragen uit de Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Materialen en gereedschap verzamelen.

Ontwerp realiseren.

6.1.7 Prototype maken

W&T-doel 9: De leerling kan het ontwerp planmatig uitwerken en een prototype maken.

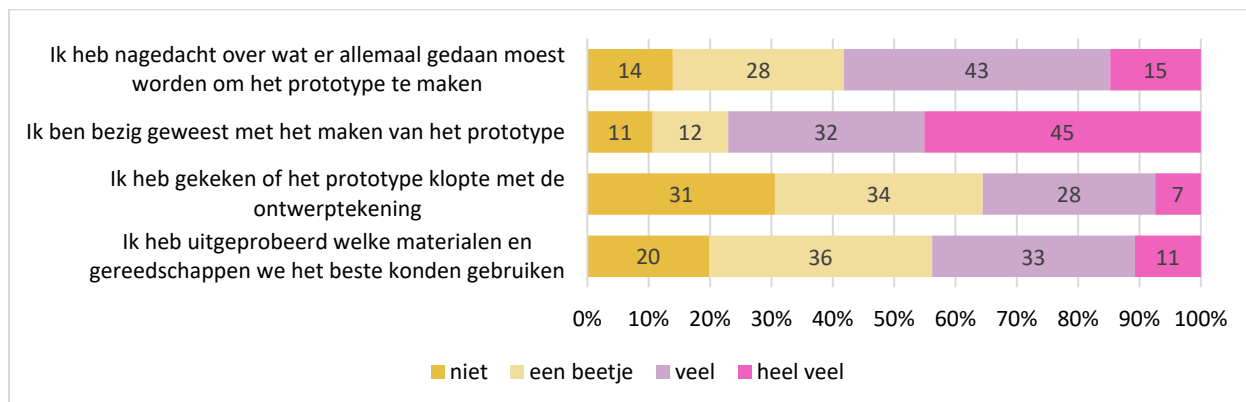
W&T-doel 10: De leerling kan experimenteren met onderdelen, materialen en deelontwerpen, om erachter te komen wat het beste werkt.

Alle leerlingen hebben volgens de leraren een bijdrage geleverd aan het maken van een prototype. De mate waarin hier *planmatig* aan werd gewerkt verschilde per leerling en per groepje volgens alle leraren. Er waren veel groepjes die startten zonder van tevoren een plan te maken, zij gingen gewoon aan de slag. Enkele groepjes gingen wat planmatiger aan de slag, bijvoorbeeld door na te denken over de volgorde van het maken van verschillende onderdelen. Bij sommige groepjes leerlingen was de link tussen de ontwerptekening en dat wat de leerlingen uiteindelijk hebben gemaakt duidelijk, maar er waren ook groepjes waarbij dit uit het oog is verloren. Bij het arrangement *Zwerfafvalrobot* heeft de leraar tijdens het maken leerlingen zien experimenteren met materialen en maaktechnieken om zo keuzes te kunnen maken of bijstellingen te doen met betrekking tot benodigde materialen en technieken. Bij het arrangement *Inclusieve Speelplaats* waren er ook leerlingen die experimenteerden met technieken, anderen deden dit minder omdat de technieken al aangeboden waren in eerdere technieklessen en er al ruimte was geweest om hiermee te experimenteren.

In de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen gaven verreweg de meeste leerlingen (77%) aan dat zij veel (32%) of heel veel (45%) bezig zijn geweest met het maken van het prototype (zie Figuur 16). Dit is wat je zou verwachten bij Maakonderwijs, en het komt ook overeen met de uitgebreide aandacht die hiervoor is geweest in de leerarrangementen. Toch geeft ruim 10% van de leerlingen aan helemaal niet bezig te zijn geweest met het maken. Mogelijk hebben deze leerlingen binnen de groepjes verschillende taken gehad, zoals de verslaglegging.

In vergelijking met het maken zelf is er door de leerlingen een stuk minder aandacht besteed aan het denkwerk dat bij het maken komt kijken. Zo'n 58% van de leerlingen heeft (heel) veel nagedacht over wat er gedaan moest worden en slechts zo'n 35% van de leerlingen heeft (heel) veel de koppeling

gemaakt tussen het prototype en de ontwerptekening. Wat dit laatste punt betreft zien we dat ruim 30% van de leerlingen helemaal niet meer terug heeft gekeken of het prototype klopt met de ontwerptekening. Het experimenteren met materialen en gereedschappen is door zo'n 44% van de leerlingen (heel) veel gedaan.



Figuur 16. Antwoorden op de vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Prototype maken.

Testen en bijstellen.

6.1.8 Testen en bijstellen

W&T-doel 11: De leerling kan het gemaakte prototype testen en evalueren.

W&T-doel 12: De leerling kan hypothesen opstellen over wat er gebeurt bij het uittesten van een prototype

W&T-doel 13: De leerling kan op basis van de testresultaten verbeteringen voorstellen en/of doorvoeren

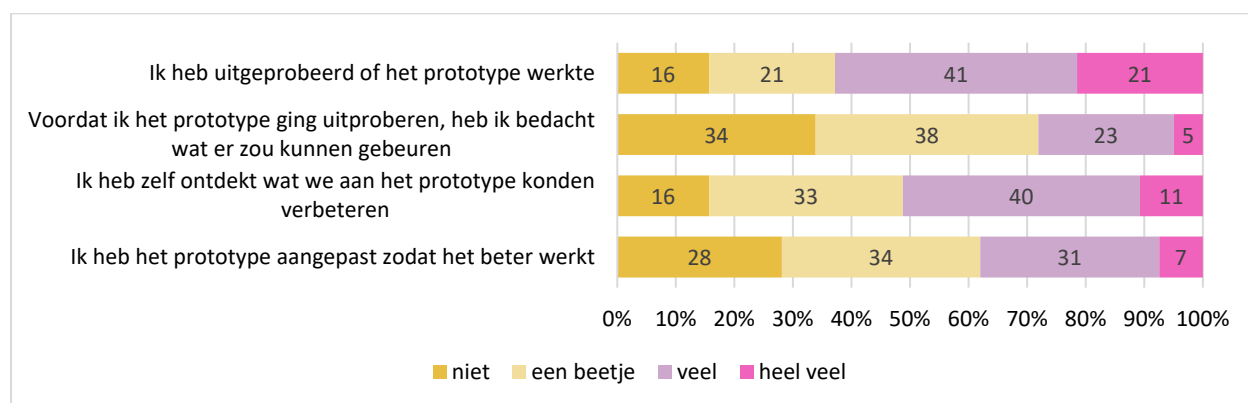
Het testen en bijstellen van het prototype vond meestal plaats als onderdeel van het maakproces. Uit de interviews en observaties bleek dat leerlingen tijdens het maken uitprobeerden of het prototype of onderdelen ervan werkten zoals bedoeld en of onderdelen goed vast bleven zitten. Op basis hiervan konden de leerlingen dingen aanpassen in het prototype. In de meeste leerarrangementen had de leraar als eis gesteld dat het prototype werkend moest zijn of een bewegend onderdeel moest hebben. Dan moest er door de leerlingen worden geprobeerd of het prototype al goed bewoog, en werd het prototype zo nodig bijgesteld. Ook bij het werken met de Micro:bit vond veel testen en bijstellen plaats: leerlingen probeerden uit of het programma dat zij hadden geschreven voor de Micro:bit deed wat de bedoeling was, en pasten het programma waar nodig aan.

In de meeste leerarrangementen was geen apart testmoment ingebouwd. Het testen en bijstellen gebeurde meestal als onderdeel van het maken. Er werd door de leraar meestal ook niet expliciet aandacht aan besteed aan het testen. Het formeel testen van een prototype met het vooraf opstellen van een hypothese kwam in geen van de leerarrangementen aan bod. In de interviews gaven de meeste leraren aan dat zij dit ook niet zo vinden passen bij Maakonderwijs.

Naast het testen of het werkt, werden prototypes ook geëvalueerd door middel van feedback van klasgenootjes. Dit gebeurde in de meeste leerarrangementen aan het eind, bij de presentatie; de feedback kon dan niet meer worden meegenomen in het bijstellen van het prototype. In de leerarrangementen *Inrichting schoolruimte* en *Zwerfafvalrobot* vond ook een tussentijdse presentatie

plaats voor het evalueren van het prototype en het ophalen van feedback. De leraar van *Inrichting schoolruimte* geeft aan dat de leerlingen op basis hiervan verbeteringen hebben doorgevoerd.

Uit de resultaten van de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen, blijkt dat een ruime meerderheid van de leerlingen (ca. 63%) naar eigen zeggen (heel) veel heeft uitgeprobeerd of het prototype werkte (zie Figuur 17). Ook gaf ruim de helft van de leerlingen aan dat zij (heel) veel zelf hebben ontdekt wat zij aan het prototype konden verbeteren. Dit laat zien dat er in de leerarrangementen duidelijk sprake is geweest van aspecten van testen en bijstellen tijdens het maakproces. Het bedenken van hypothesen hierbij ('Voordat ik het prototype ging uitproberen, heb ik bedacht wat er zou kunnen gebeuren') gebeurde weinig. Slechts 28% van de leerlingen gaf aan dat zij dit (heel) veel deden. Verder zien we dat 38% van de leerlingen volgens eigen zeggen veel bezig is geweest met het aanpassen van het prototype zodat het beter werkt, tegenover 28% die dit helemaal niet deed.



Figuur 17. Antwoorden op de vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Testen en bijstellen.

Presenteren.

6.1.9 Prototype en proces toelichten

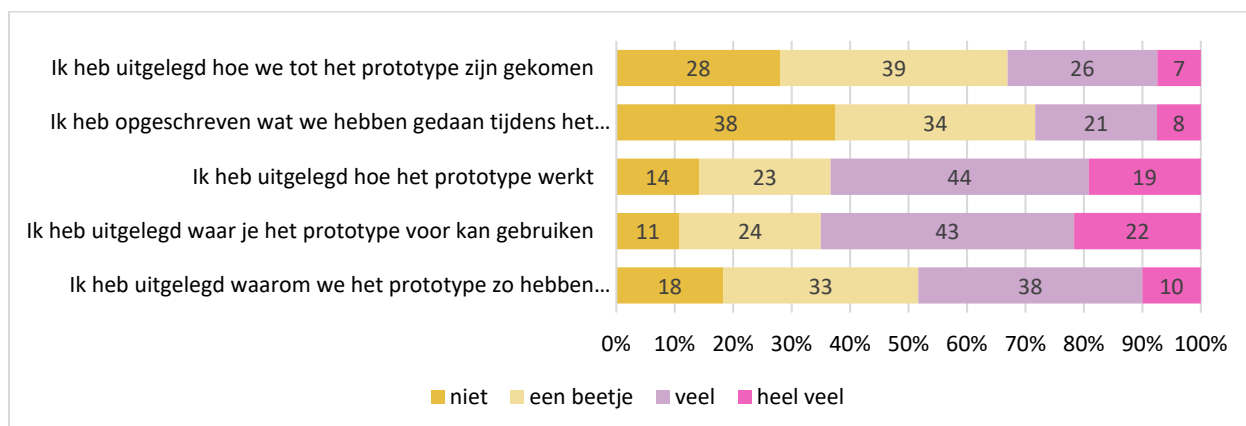
W&T-doel 14: De leerling kan mondeling en schriftelijk verslag doen van de testresultaten.

W&T-doel 15: De leerling kan het ontwerpproces en de werking van het prototype toelichten.

In alle leerarrangementen hebben de leerlingen per groepje een presentatie gegeven waarin zij de werking van het prototype hebben toegelicht. Soms presenteerde het groepje samen, soms werd de presentatie samen voorbereid, maar door één leerling verzorgd. De mate waarin leerlingen volgens de leraren vooruit zijn gegaan in het presenteren verschilt per leerarrangement. Bij het arrangement *Inrichting schoolruimte* waren leerlingen bijvoorbeeld al gewend in andere contexten dit soort presentaties te geven, waardoor de leerlingen dit al goed konden en hier dus weinig op vooruit zijn gegaan volgens de leraar.

Als we kijken naar de resultaten van de leerlingvragenlijst (Figuur 18), dan zien we dat leerlingen zich vooral veel hebben beziggehouden met uitleggen hoe het prototype werkt en waar je het voor kunt gebruiken. Zo'n 65% van de leerlingen geeft aan dit (heel) veel te hebben gedaan. Het kan hierbij natuurlijk ook gaan om uitleggen tijdens het proces, bijv. aan medeleerlingen of aan de leraar. Het uitleggen waarom het prototype zo is gemaakt gebeurde wat minder en het uitleggen hoe tot het prototype is gekomen nog minder. Slechts 33% van de leerlingen geeft aan dit (heel) veel te hebben gedaan; 28% deed dit helemaal niet.

Bij de vraag ‘Ik heb opgeschreven wat we hebben gedaan tijdens het project’ zien we dat slechts zo’n 28% van de leerlingen dit (heel) veel heeft gedaan, terwijl 37,5% zegt dit helemaal niet te hebben gedaan.



Figuur 18. Antwoorden op de vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Prototype en proces toelichten.

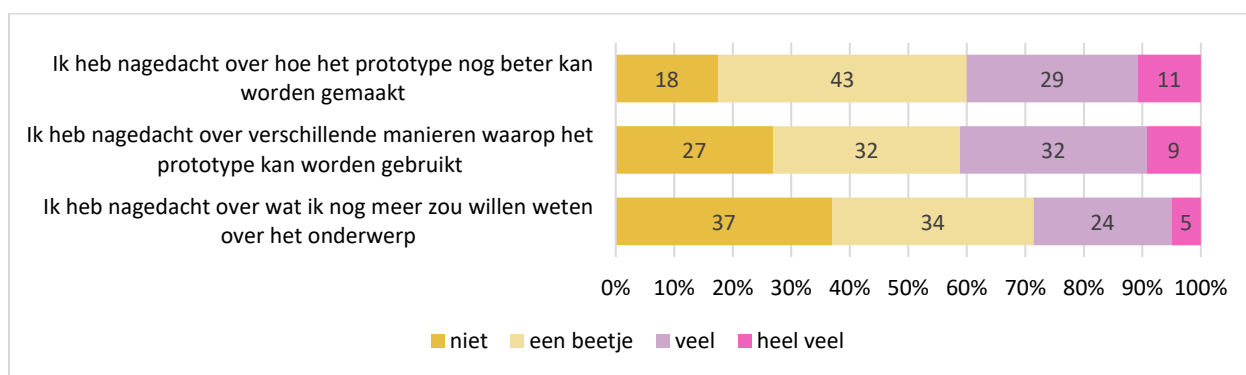
Verdiepen en verbreden.

6.1.10 Verbreden en verdiepen

W&T-doel 16: De leerling kan naar aanleiding van het ontwerpproces de ontwerp vraag en de oplossing verbreden en verdiepen naar andere contexten en vervolgvragen.

In geen van de leerarrangementen was er expliciet aandacht voor het verbreden en verdiepen van de oplossingen naar andere contexten of vervolgvragen. Bij de arrangementen *Inclusieve Speelplaats* en *Inrichting schoolruimte* gaven de leraren aan dat enkele leerlingen wel zelf met ideeën voor verbreden en verdiepen kwamen.

In Figuur 19 zien we dat zo’n 40% van de leerlingen aangaf (heel) veel te hebben nagedacht over hoe het prototype nog beter kan worden gemaakt en over verschillende manieren waarop het kan worden gebruikt. Dit kunnen we zien als een vorm van verdiepen en verbreden, die ook tijdens het maakproces (niet alleen na afloop) kan plaatsvinden. Slechts zo’n 28% van de leerlingen heeft naar eigen zeggen (heel) veel nagedacht over wat zij nog meer zouden willen weten over het onderwerp.



Figuur 19. Antwoorden op de vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen horend bij het deelgebied Verbreden en verdiepen.

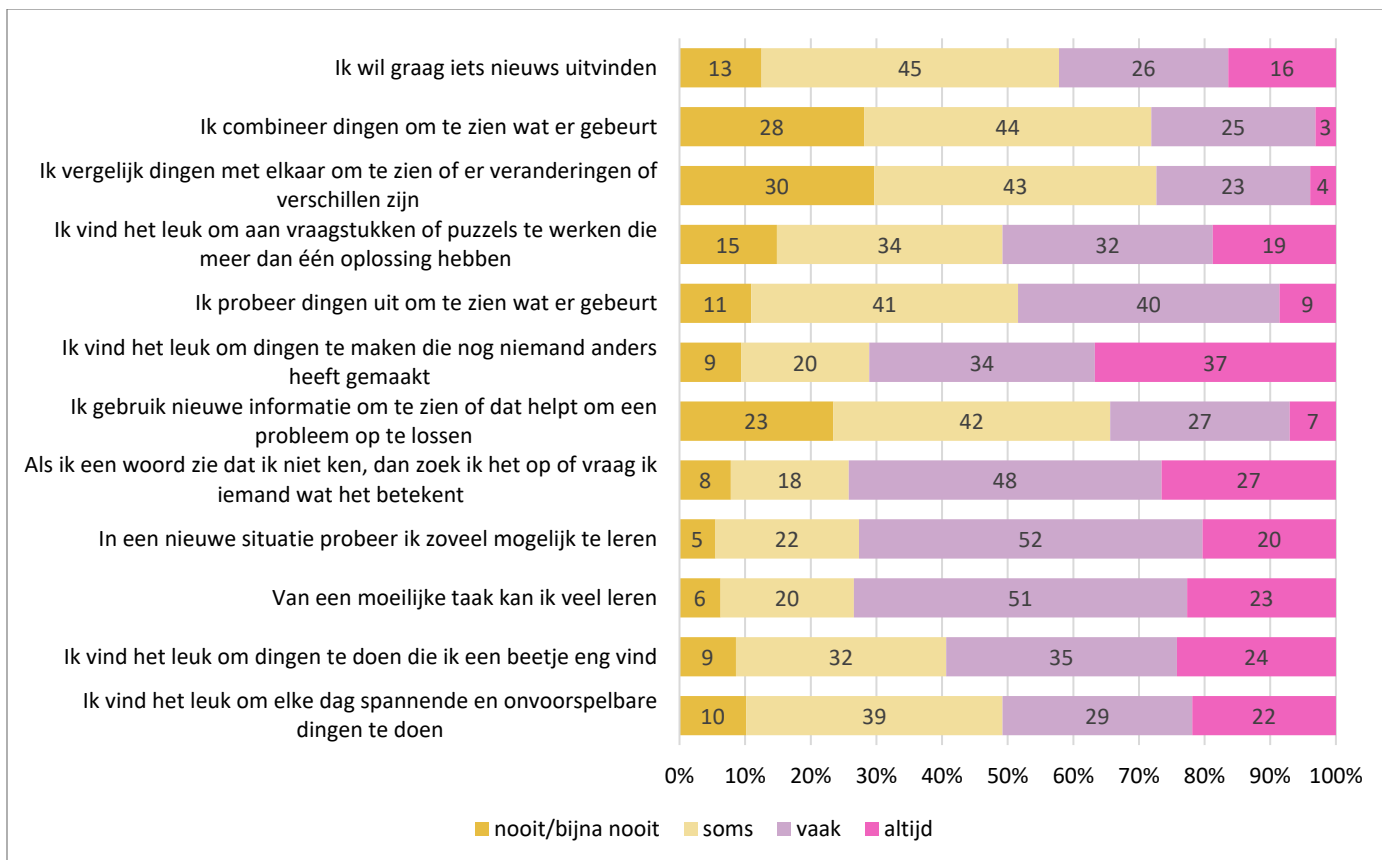
Bij de bespreken van de mate waarin de W&T-doelen aan bod kwamen in de leerarrangementen (zie paragraaf 6.1 op pagina 33) hebben we steeds aangegeven in hoeverre de leerlingen die doelen ook herkenden. De leerlingen vulden wekelijks een korte vragenlijst in waarin ze aangaven wat ze die week gedaan hadden (zie Bijlage D: Items wekelijkse leerlingvragenlijst op pagina 74). We hebben de leerlingen daarnaast ook vooraf en achteraf via de SCILE-vragenlijst bevraagd over hun nieuwsgierige en onderzoekende houding.

6.2 Leerlingevragenlijst houdingsaspecten W&T

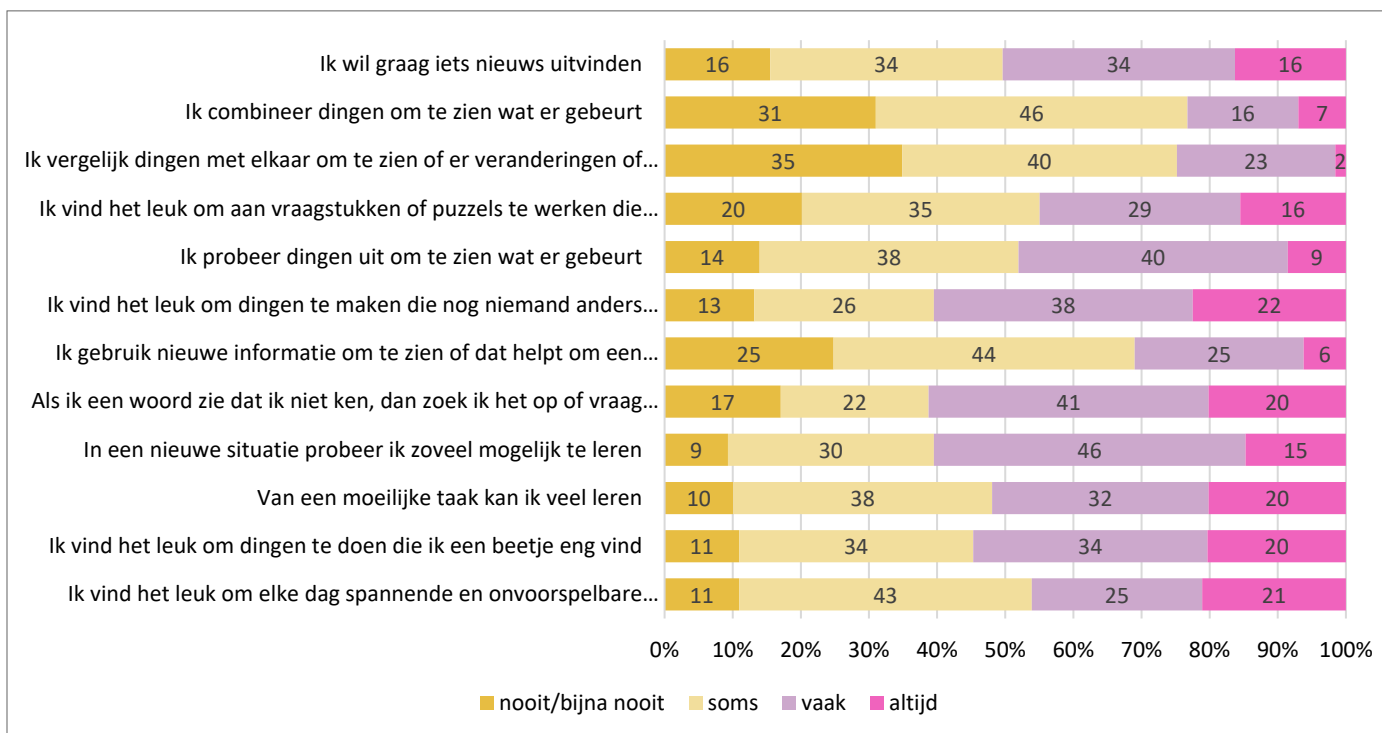
Om te kunnen onderzoeken of de leerarrangementen invloed hadden op de nieuwsgierige en onderzoekende houding van de leerlingen, hebben we gebruik gemaakt van de SCILE-vragenlijst. De leerlingen hebben deze vragenlijst zowel voor als na het leerarrangement ingevuld. De verdeling van de antwoorden op de vragenlijst is opgenomen in de twee figuren op de volgende pagina. Op de beginvragenlijst was de gemiddelde score 3,54 op een schaal van 1 tot 5, waarbij 1 staat voor nooit en 5 voor altijd (SD = 0,57). Op de eindvragenlijst was de gemiddelde score 3,38 (SD = 0,62). Er was dus sprake van een lichte afname van de score op de SCILE-vragenlijst. Deze afname was significant ($p < .01$, $d = -0.29$).

De afname zou het gevolg kunnen zijn van het Dunning-Krugereffect (Poot, 2020), waardoor de leerlingen voorafgaand aan de leerarrangementen hun competenties overschatten, terwijl ze daarna kritischer naar hun eigen vaardigheden kijken, terwijl ze de ontwikkeling naar experts nog aan het doorlopen zijn. Om te kunnen vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van deze ontwikkeling zouden de leerlingen langer gevolgd moeten worden.

Een aantal van de vragen uit de wekelijkse vragenlijst die leerlingen hebben ingevuld gaan eveneens over houdingsaspecten. In Bijlage I Overzicht resultaten wekelijkse leerlingvragenlijst cyclus 2 is een overzicht opgenomen van de antwoorden van de leerlingen tijdens cyclus 2 per leerarrangement. Hierbij zijn (grote) verschillen zichtbaar tussen leerarrangementen.



Figuur 20 SCILE voormeting



Figuur 21 SCILE nameting

7. Resultaten: Werkvormen en inrichting van het onderwijs

Ten behoeve van onderzoeksvraag 2 over de vakdidactische en pedagogische principes die volgens de leraren bij Maakonderwijs horen is geïnventariseerd welke werkvormen de leraren gebruiken en welke keuzes met betrekking tot de inrichting van het onderwijs gemaakt werden.

7.1 Werkvormen

Hieronder bespreken we een aantal werkvormen die aan bod komen in de leerarrangementen zoals die zijn ontworpen en uitgevoerd.

7.1.1 *Werkvormen om te inspireren*

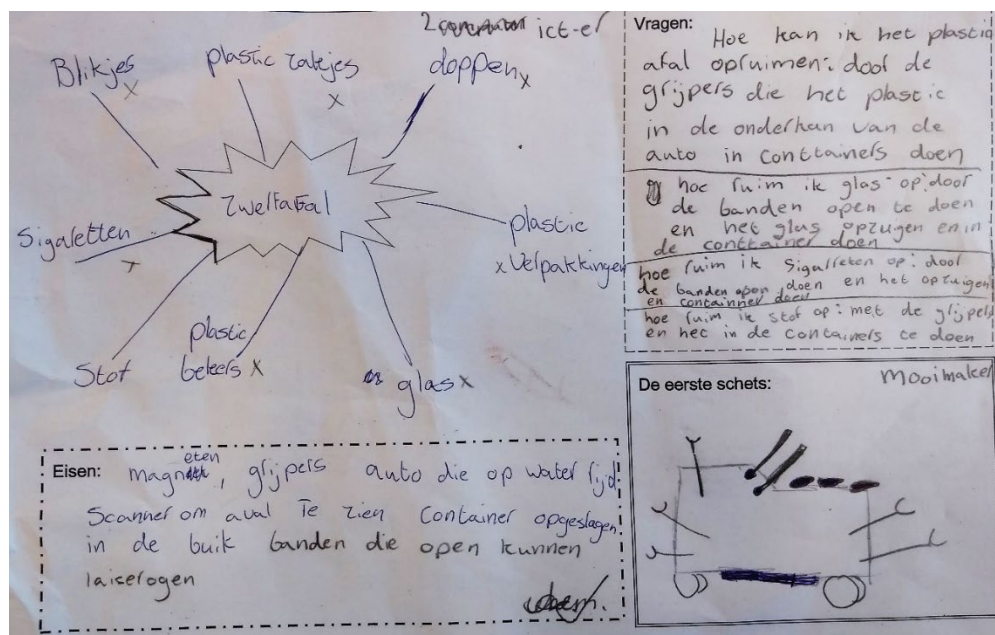
In de leerarrangementen werd het thema op verschillende manieren geïntroduceerd. In bijna alle leerarrangementen was inspireren hier onderdeel van. In de arrangementen *Inclusieve Speelplaats* en *Inrichting schoolruimte* is dit gedaan door naar fysieke voorbeelden te gaan: speeltoestellen en de ruimte waarvoor de leerlingen gingen ontwerpen. Bij *Inrichting schoolruimte* ging de klas hier gezamenlijk naartoe en kregen zij uitleg over de plannen voor de nieuwe ruimte. Ook kregen ze bouwtekeningen te zien. Voor het leerarrangement *Inclusieve Speelplaats* kregen de leerlingen een huiswerkopdracht mee voorafgaand aan de eerste les om zelf te gaan kijken naar speeltoestellen en dingen op te zoeken over speelplaatsen. In het leerarrangement *Zwerfafvalrobot* zijn de leerlingen geconfronteerd met het thema zwerfafval en geïnspireerd voor mogelijke ontwerprichtingen door zwerfafval te verzamelen en ordenen in het bos. Medewerkers van de gemeente hebben een presentatie gegeven over onder andere verschillende soorten afval, hoe lang het duurt voordat het vergaat en initiatieven rond het verzamelen van afval. Het arrangement *Satellieten* was gekoppeld aan een schoolbreed IPC-thema⁷ over de ruimte. De leerlingen deden inspiratie op over satellieten doordat zij hier op verschillende momenten in het thema over werden geïnformeerd met bijvoorbeeld teksten en filmpjes (soms klassikaal, soms om individueel bestuderen). Ook werd er gebruik gemaakt van werkbladen met opdrachten en vragen om meer te weten te komen over het onderwerp.

7.1.2 *Werkvormen om te brainstormen en mindmappen*

In alle arrangementen hebben de leerlingen gebrainstormd. In sommige arrangementen was dit gericht op het verkennen van verschillende ontwerprichtingen/vragen en in andere arrangementen was dit gericht op het bedenken van ideeën/oplossingen. Bij het arrangement *Zelfstandige Ouderen* is gestart met een groepsgesprek over het probleem. Daarna hebben de leerlingen in groepjes een uitgebreide mindmap gemaakt over mogelijke problemen waar ouderen tegenaan kunnen lopen. Op basis hiervan konden leerlingen vervolgens een keuze maken voor een bepaald probleem. Bij het arrangement *Satellieten* gingen de leerlingen in groepjes brainstormen om de voorkennis over satellieten op te halen. Hierbij werd gebruik gemaakt van digitaal mindmappen met behulp van de online tool Mindmeister (www.mindmeister.com/nl). Dit maakte het mogelijk om bijvoorbeeld ook filmpjes en afbeeldingen aan de mindmap toe te voegen. Leerlingen ontdekten zelf verschillende mogelijkheden en gingen elkaar ook helpen om de digitale mogelijkheden voor mindmappen te benutten. In het arrangement *Inrichting schoolruimte* hebben de leerlingen klassikaal het gesprek gevoerd over wat zij verstaan onder de begrippen spelen, vieren en maken (de functies van de ruimte). Daarna is gebruik gemaakt van een doorgeef-mindmap: iedere

⁷ IPC = International Primary Curriculum, een curriculum voor groep 1 t/m 8 opgesteld door IPC Nederland.

leerling had een eigen blaadje waarop ze een mindmap maakten. Daarna werden de mindmaps doorgegeven aan een andere leerling die de mindmap aanvulde. Dit werd meerdere keren herhaald. Uiteindelijk werd er in groepjes gekozen op welke functie van het lokaal het ontwerp zou worden gericht. In de arrangementen *Zwerfafvalrobot* werd ook eerst individueel gebrainstormd om daarna te delen in groepjes waar hun ontwerp op zou kunnen worden gericht. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een werkblad (placemat, zie Figuur 22). De leraar van het arrangement *Inrichting schoolruimte* heeft leerlingen met behulp van mindmappen bewust laten nadenken over mogelijke ontwerprichtingen, om daarin een keuze te kunnen maken.



Figuur 22. Ingevuld werkblad (placemat) uit het leerarrangement *Zwerfafvalrobot*.

In het arrangement *Zelfstandige Ouderen* werd na kiezen van een ontwerprichting in groepjes gebrainstormd over mogelijke oplossingen. Ook bij *Inclusieve Speelplaats* hebben de leerlingen ook gebrainstormd om tot verschillende ideeën te komen. In groepjes werd er gebrainstormd over verschillende mogelijke speeltoestellen én eventueel bijpassende ontwerprichtingen. Zo kwam bijvoorbeeld het idee langs om een schommel te maken voor kinderen in een rolstoel. De ontwerprichting dat het voor kinderen met een rolstoel moest zijn hing dan samen met het idee. In dit arrangement was het kiezen van een ontwerprichting en het brainstormen over ideeën dus niet opgesplitst, zoals bij de andere leerarrangementen vaak wel het geval was.

7.1.3 Werkvormen om de ontwerpvraag te helpen formuleren

In het arrangement *Satellieten* is expliciet aandacht besteed aan hoe de leerlingen een ontwerpvraag konden opstellen. De leraar heeft hiervoor gebruik gemaakt van het vragenmachientje van Peeters en Meijer (2014; zie Figuur 23). Leerlingen konden hun vraag langs dit machientje leggen om op basis van een aantal hulpvragen na te gaan of de vraag geschikt was als onderzoeksvraag. Het is niet duidelijk of deze onderzoeksvragen geschikt waren als ontwerpvragen.

In het arrangement *Inclusieve Speelplaats* heeft de leraar een voorbeeld van een ontwerpvraag aan de leerlingen gegeven: hoe kun je een speeltoestel bouwen waar ook lichamelijk gehandicapte kinderen

op kunnen spelen? Dit leidde ertoe dat het merendeel van de groepjes deze ontwerp vraag overnam. Het heeft er niet toe geleid dat leerlingen een eigen ontwerp vraag gingen formuleren.



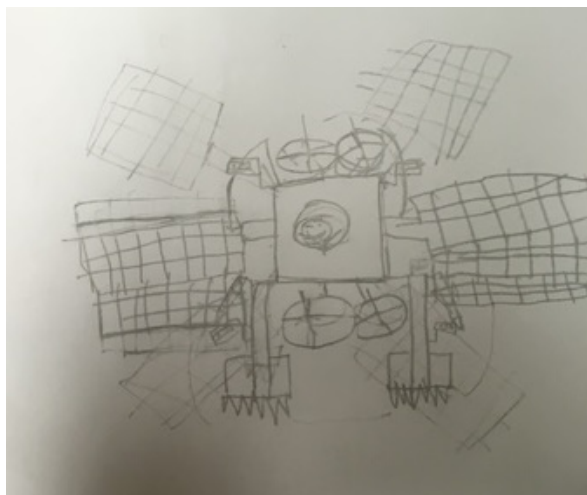
Figuur 23. Het vragenmachientje (Peeters & Meijer, 2014).

7.1.4 Werkvormen om ontwerpeisen op te stellen

In het leerarrangement Zwerfafvalrobot kwamen ontwerpeisen expliciet aan bod: leerlingen werd gevraagd om op hun werkblad eisen op te schrijven voor het ontwerp (zie Figuur 22). Deze ontwerpeisen werden met name opgesteld op basis van de eigen inzichten van leerlingen, er werd meestal geen informatie opgezocht om de ontwerpeisen te onderbouwen. De leraar begeleidde bij het opstellen van de ontwerpeisen door vragen te stellen vanuit de door de leerling gekozen focus, bijvoorbeeld wat de machine nodig heeft om een bepaald soort afval op te ruimen. In andere leerarrangementen werd meer impliciet ingegaan op waar het ontwerp aan moest voldoen. Dit gebeurde vaak bij het maken van de ontwerpschets: leraren vroegen dan door over waarom bepaalde keuzes waren gemaakt, of hoe het zou werken. Gemaakte keuzes werden dan door de leerlingen onderbouwd of verder aangescherpt. Keuzes werden genoteerd in logboeken of bij de tekening zelf.

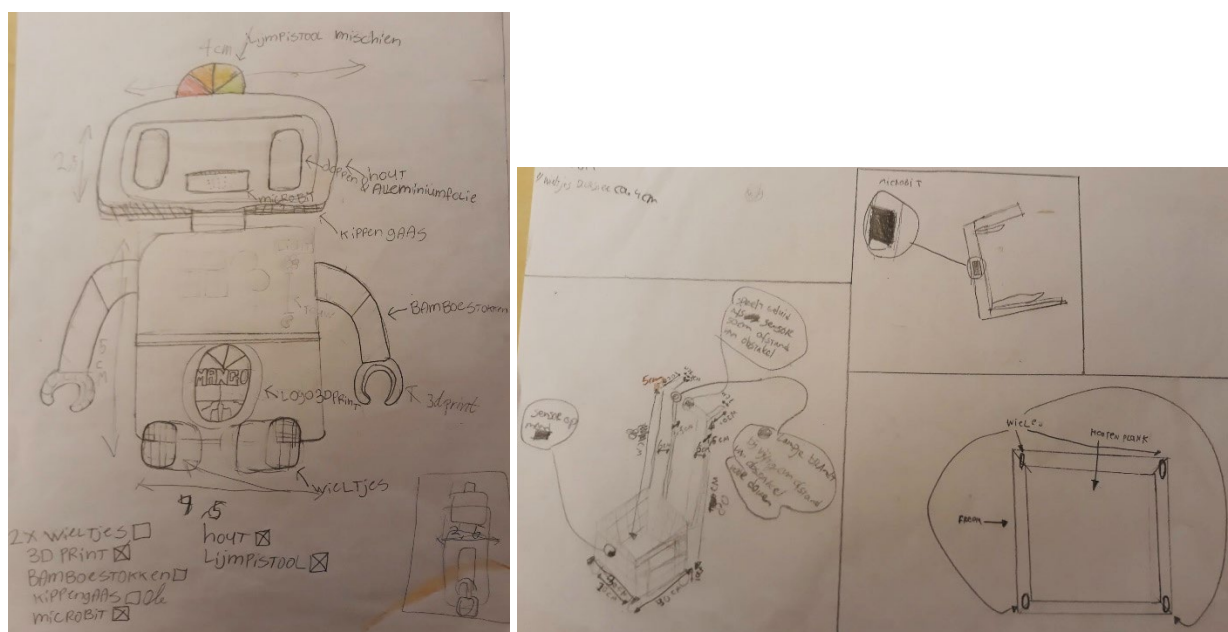
Ontwerptekening maken

Bij de meeste leerarrangementen kregen de leerlingen vooraf geen specifieke aanwijzingen voor het maken van een ontwerptekening. De tekening werd dan vaak een mooie, maar niet zo gedetailleerde tekening van het uiterlijk van het prototype (bijv. Figuur 24). Tijdens het maken van de ontwerptekeningen stelden de leraren wel vragen als: ‘hoe kun je zien wat wat is?’, ‘hoe groot moet het worden?’, ‘hoe kan ik zien van welk materiaal dit is gemaakt?’, ‘waar komt de arm?’, ‘hoe kan ik zien waar dit voor is?’. Ze spoorden leerlingen op deze manier aan om beter na te denken over hun ontwerp, om meer details of maten aan te geven op de ontwerptekening, en om al na te denken over benodigde materialen. Over het algemeen werd er niet op schaal gewerkt.



Figuur 24. Voorbeeld van ontwerptekening uit het leerarrangement Satellieten.

Bij het arrangement *Zelfstandige Ouderen* is meer aandacht besteed aan het maken van een precieze ontwerptekening. In de eerste cyclus van dit leerarrangement kregen leerlingen een workshop technisch tekenen (voor-, zij- en bovenaanzicht en een 3D-tekening), en moesten zij daarna een technische tekening maken van hun eigen ontwerp. Dit bleek lastig, omdat de ontwerpen lastige vormen hadden (bijv. ronde vormen) die moeilijk te tekenen waren in een technische tekening. Daarom koos de leraar er in cyclus 2 voor om de leerlingen geen echte technische tekening te laten maken, maar wel afmetingen in de tekening aan te geven en te tekenen hoe het prototype er van verschillende kanten uitziet. Ook moesten leerlingen in de tekening aangeven van welke materialen de verschillende onderdelen gemaakt moesten worden (zie Figuur 25).



Figuur 25. Voorbeelden van ontwerptekeningen uit het leerarrangement Zelfstandige Ouderen.

In het arrangement *Inrichting schoolruimte* heeft de leraar de bouwtekeningen van de ruimte laten zien waarvoor de leerlingen gingen ontwerpen en besproken met de leerlingen. Met de leerlingen is

bekeken hoe deze tekeningen zijn gemaakt en wat hier allemaal op te zien en beschreven is. De leerlingen konden deze kennis meenemen bij het maken van hun eigen ontwerptekeningen.

7.1.5 Werkvormen om maaktechnieken aan te leren

Bij het maken werd gebruik gemaakt van allerlei verschillende materialen en gereedschappen. Zo gebruikten leerlingen lijmpistolen, zagen, messen en boormachines. Ook werd er in veel van de leerarrangementen (*Zelfstandige Ouderen, Inclusieve Speelplaats, Satellieten, Zwerfafvalrobot*) gebruik gemaakt van de Micro:bit om het prototype in beweging te zetten. Bij de verschillende leerarrangementen werd door de leraar instructie gegeven in bepaalde maaktechnieken voordat leerlingen hier zelf mee aan de slag gingen. Zo waren er klassikale instructies over het snijden van karton en het zagen van hout. Deze instructies waren zowel gericht op hoe je handig bepaalde dingen kunt doen, als op het veilig hanteren van gevaarlijke gereedschappen. Ook waren er workshops over het werken met de Micro:bit. Bij andere vaardigheden, zoals het werken met een boormachine of decoupeerzaag (*Inclusieve Speelplaats; Zelfstandige Ouderen*), werden leerlingen die hier mee aan de slag wilden individueel geïnstrueerd en begeleid. Hierbij was bij de leraar vaak een afwisseling te zien van uitleggen, voordoen en de leerling het laten nadoen, de leerling fysiek begeleiden door bijvoorbeeld de boormachine samen met de leerling vast te houden, en het overnemen van de leerling bij een moeilijke of gevaarlijke taak.

7.1.6 Peer learning (leerlingen helpen elkaar)

Als leerlingen vragen hadden, bijvoorbeeld over het werken met de Micro:bit, werden zij soms door leraren gestimuleerd om klasgenoten om hulp te vragen. Bij het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* heeft een leerling zelfs de Micro:bit-workshop overgenomen van de leraar, omdat deze ziek was. Deze leerling had al ervaring met de Micro:bit en bleek dit goed te kunnen uitleggen. Hij bleef daarna aanspreekpunt voor leerlingen met vragen. Dit elkaar helpen wordt door leraren positief gewaardeerd: leerlingen kunnen hun talenten inzetten en elkaars talenten leren waarderen. Ook merkte een leraar op dat, doordat leerlingen elkaar konden helpen, het geen bezwaar was dat zij als leraar zelf niet veel wist over de Micro:bit. Zij vond het mooi om te merken dat je het als leraar niet altijd het meest hoeft te weten.

7.1.7 Presenteren en evalueren

De meeste leerarrangementen eindigden met presentaties, waarin de leerlingen hun prototype demonstreerden en de werking toelichtten. Vaak moesten de leerlingen hierbij ook aangeven hoe zij tot het prototype waren gekomen. Bij het leerarrangementen *Satellieten*, bijvoorbeeld, moesten leerlingen ook hun ontwerptekening laten zien en aangeven of hun prototype hiermee overeen kwam, en zo nee, waarom niet. Bij de presentaties konden medeleerlingen konden vragen stellen. De leraar stelde soms verdiepende vragen, bijvoorbeeld waarom bepaalde keuzes waren gemaakt of hoe het zou werken als het in het echt zou worden gemaakt.

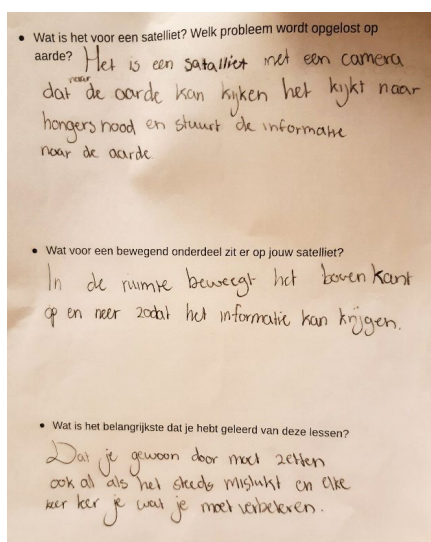
Bij sommige leerarrangementen waren er naast de leraar en de medeleerlingen ook andere toehoorders bij de presentatie. Bij het leerarrangement *Inrichting schoolruimte* werd bijvoorbeeld gepresenteerd voor de schoolleider, zodat zij de ideeën van de leerlingen kon meenemen bij het de daadwerkelijke inrichting van de nieuwe ruimte. Bij de leerarrangementen *Inclusieve Speelplaats* en *Satellieten* was het de bedoeling om de ouders van de leerlingen uit te nodigen bij de presentatie. Dit lukte qua planning helaas niet, maar de leraren gaven aan dat zij dit een volgende keer wel zouden willen doen. Het presenteren aan mensen die het proces niet hebben meegemaakt heeft volgens de

leraren een meerwaarde. Deze toehoorders komen mogelijk ook met andere vragen. Een van de leraren zag ook een meerwaarde wat betreft het trotse gevoel dat het de leerlingen kan geven om voor anderen te presenteren.

In sommige leerarrangementen (*Zwerfafvalrobot en Inrichting schoolruimte*) was een tussentijds evaluatiemoment ingebouwd. Leerlingen moesten dan hun prototype presenteren, waarna medeleerlingen tips gaven voor verbeteringen. Deze konden zij dan gebruiken om het prototype bij te stellen. In het arrangement *Inrichting schoolruimte* werd dit gedaan in de vorm van een markt. Eén leerling uit het groepje bleef bij het prototype staan om aan anderen uit te kunnen leggen hoe het werkt. De leerlingen die kwamen kijken konden dan vragen stellen en feedback geven. De leraar merkte dat deze tussentijdse evaluatieronde leerlingen motiveerde om verder te werken aan het prototype om het beter te maken.

Verslaglegging

In de meeste leerarrangementen moesten de leerlingen ook gedurende het leerarrangement dingen vastleggen over het proces, bijvoorbeeld aan de hand van een logboek. Dit gebeurde meestal per groepje. In de verschillende leerarrangementen werden verschillende manieren van vastleggen gebruikt. In het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* hielden leerlingen per groepje een digitaal logboek bij in *Thinglink* of *Genial.ly*. De leerlingen moesten daarin elke week noteren wat ze gedaan hadden. Het voordeel hiervan was dat de leraar zo zicht had op de voortgang. Bij *Inclusieve Speelplaats* had elk groepje een schriftje waarin zij moesten opschrijven wat ze deden en wat er goed ging. De meeste groepjes namen dit heel serieus en gingen elkaar in dit logboek bijvoorbeeld complimenten geven op de samenwerking of waar zij goed aan hadden gewerkt. Bij *Satellieten* maakten de leerlingen vlogs gedurende het proces. Een leerling was verantwoordelijk voor het vastleggen van het proces. In het arrangement bleek dat er binnen de groepjes werd afgewisseld wie zich bezighield met het vastleggen van het proces. Aan het einde van het leerarrangement kregen de leerlingen een vragenlijst met vragen die hen aanzette tot het verwoorden hoe de satelliet werkt (zie Figuur 26). In het arrangement *Zwerfafvalrobot* heeft de leraar de leerlingen de opdracht gegeven om dingen uit het proces vast te leggen door het maken van notities en foto's en hij herinnerde de leerlingen hier gedurende de lessen af en toe aan.



Figuur 26. Voorbeeld van ingevulde reflectievragenlijst in het leerarrangement *Satellieten*.

Website maken

In het arrangement *Zelfstandige Ouderen* kreeg in ieder groepje een leerling de rol van ict'er. Deze leerling was verantwoordelijk voor het maken van een website waarop het product wordt beschreven en ondersteund. De leerlingen die de rol van ict'er hadden kregen hiervoor een workshop webdesign waarin zij leerden hoe ze een website kunnen maken en hoe zij het product kunnen ondersteunen door middel van foto's of filmpjes.

7.2 Inrichting van het onderwijs

In deze paragraaf beschrijven we de bevindingen voor wat betreft de gemaakte meer algemene keuzes voor de inrichting van het onderwijs. We baseren ons hierbij op de interviews en de observaties.

7.2.1 *Samenwerkend leren*

In alle leerarrangementen werkten leerlingen in groepjes aan het project. Dit droeg er volgens de leraren aan bij dat er in de meeste groepjes meerdere gezichtspunten mee werden genomen in het ontwerp- en maakproces, en dat er gediscussieerd werd over te maken keuzes. In enkele groepjes was één leerling dominant en/of waren andere leerlingen heel volgzzaam, waardoor er minder ruimte was voor discussie en het meenemen van meerdere gezichtspunten in het proces.

Individueel versus samen

In alle leerarrangementen begonnen de leerlingen individueel. Eerst werd het onderwerp verkend en werden de eerste ideeën bedacht. Soms werden er ook al individuele ontwerptekeningen gemaakt. Daarna werden pas groepjes gevormd. Leraren kozen hiervoor om leerlingen ook ieder voor zich na te laten denken en zo verschillende ideeën te hebben als input voor discussies in de groepjes. In het leerarrangement *Zwerfafvalrobot* werkten leerlingen bijvoorbeeld eerst individueel aan de keuze voor een ontwerprichting, de ontwerpeisen en een ontwerptekening. Daarna werden groepjes gevormd. Bij *Inrichting schoolruimte* en *Satellieten* mochten leerlingen zelf kiezen of zij samen gingen werken met andere leerlingen of het hele leerarrangement alleen bleven werken. Enkele leerlingen kozen ervoor alleen te werken. De leraar van *Inrichting schoolruimte* merkte dat de ideeën van leerlingen die alleen werkten wat 'simpeler' waren, maar zij zag ook dat deze vaak wel tot in detail uitgewerkt werden. In groepjes waarin meerdere leerlingen graag hun eigen ideeën uit wilden werken zag zij dat de leerlingen samen op zoek gingen naar een manier om alle ideeën een plekje te geven. Het combineren van ideeën leidde vaak tot meer innovatieve ontwerpen. Er waren echter ook groepjes waarin een leerling met een sterk idee de rest van de groep overstemde, waardoor de ideeën niet meer vernieuwend waren dan die van leerlingen die alleen werkten. Bij *Satellieten* was er een slimme leerling die eerst in een groepje zat, maar daarna alleen ging werken, zodat hij zich helemaal kon uitleven in zijn eigen ideeën en creativiteit. Dit bood voor hem meer uitdaging.

Groepsgrootte

Meestal werd er gewerkt in groepjes van twee of drie leerlingen. In het leerarrangement *Zwerfafvalrobot* werd in cyclus 1 gewerkt met groepjes van vier leerlingen, maar de leraar koos er in cyclus 2 bewust voor om de groepjes kleiner te maken, omdat hij merkte dat er bij vier leerlingen altijd wel één is die niet echt meedoet. Om dezelfde reden koos de leraar van het leerarrangement *Inclusieve Speelplaats* voor een verlaging van de groepsgrootte van drie leerlingen in cyclus 1 naar twee leerlingen in cyclus 2.

Groepssamenstelling

Het vormen van de groepjes gebeurde in de verschillende leerarrangementen op verschillende manieren. Soms werden de groepjes door de leraar samengesteld. De gedachte hierachter was dat leerlingen met iedereen moesten leren samenwerken, niet alleen met vriendjes. Andere leraren kozen er juist voor om de leerlingen zelf de groepjes te laten samenstellen. Dit werkte volgens de leraren motiverend voor de leerlingen. Er waren echter ook enkele groepjes van vriendjes die vooral veel lol maakten en weinig serieus bezig waren. In de leerarrangement *Inrichting schoolruimte* en *Satellieten* merkten de leraren dat sommige leerlingen tijdens de brainstormactiviteiten (mindmap en doorgeefmindmap) zagen welke leerlingen vergelijkbare onderwerpen of ideeën hadden en dat de leerlingen op basis hiervan groepjes vormden.

Rolverdeling

In sommige leerarrangementen werd binnen de groepjes gewerkt met verschillende rollen. Bij het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* kozen leerlingen, nadat de groepjes door de leraar waren samengesteld, ieder voor een van de rollen verkoper, ict'er en elektricien. De elektriciens hielden zich bezig met het in beweging zetten van het prototype en kregen workshops over de stroomkring en de Micro:bit. De verkopers moesten het product aanprijzen en aan het eind van het leerarrangement een pitch geven; zij kregen hier een workshop over. De ict'ers moesten een website maken over het product, waarvoor ook een workshop werd aangeboden. Ook in het leerarrangement *Zwerfafvalrobot* werd samengewerkt vanuit verschillende rollen. In dit leerarrangement kozen de leerlingen voordat de groepjes werden gevormd een rol: programmeur, bouwer of "mooimaker". De groepjes werden vervolgens door de leraar samengesteld met één leerling van elke rol. Daarna werden binnen de groepjes ook nog procesmatige rollen verdeeld: teamcaptain, schrijver en tijdbewaker/materialenbaas. In de andere leerarrangementen werd er niet gewerkt met specifieke rollen, maar mochten leerlingen naar eigen inzicht de taken en verantwoordelijkheden verdelen.

Begeleiding van het samenwerkingsproces

De begeleiding door de leraar tijdens de leerarrangementen richtte zich deels op het begeleiden van het samenwerkingsproces. Soms waren leerlingen in hun eentje ergens mee bezig zonder af te stemmen met hun groepsgenootjes. Soms wisten leerlingen niet wat ze moesten doen, of waren ze aan het wachten tot een andere leerling ergens mee klaar was. Leraren stuurden dan bij door bijvoorbeeld te vragen naar de taakverdeling. Ook bij discussies in de groepjes was soms inmenging van de leraar nodig, bijvoorbeeld als een leerling met een vlotte babbel andere leerlingen snel mee kreeg en andere ideeën dan niet echt werden overwogen of meegenomen. Dan probeerden de leraren ook aandacht te vestigen op de ideeën van de andere groepsleden. In enkele gevallen was het nodig de samenstelling van groepjes aan te passen, omdat leerlingen ruzie kregen en inmenging van de leraar niet hielp.

7.2.2 Organisatie van Maakonderwijs in de school

Dit is een aspect dat voor de leraren deels een gegeven vooraf was en verschilt van de wijze waarop de school het (maak-)onderwijs inricht.

Planning en tijdsduur

In de voor dit project opgestelde leerlijn Maakonderwijs werd uitgegaan van een leerarrangement van acht weken, met twee of drie keer per week een les van een uur. Dit bleek op de meeste scholen lastig te realiseren. Meestal kon er slechts één keer per week een les worden gepland, die dan meestal wel

wat langer duurde, bijvoorbeeld anderhalf uur. Leraren merkten gedurende cyclus 1 op dat het uitspreiden van het leerarrangement over acht weken, met slechts één sessie per week, niet optimaal was. Ze denken dat leerlingen beter op het onderwerp gefocust blijven als de lessen dichter op elkaar zitten. Hier moeten dan wel mogelijkheden voor worden gecreëerd in de schoolorganisatie. Verder merkte een van de leraren op dat de tijd die besteed wordt aan het leerarrangement in verhouding moet staan met de doelen die met het leerarrangement worden beoogd. Zij vond dat het leerarrangement nu wat te veel tijd kostte en soms ten koste ging van de tijd die er was voor andere lesactiviteiten. In cyclus 2 weken de meeste leraren daarom af van de voorgestelde acht weken en drie uur les per week. Bij het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* waren er wel meerdere sessies per week gedurende een langere periode.

Ruimte en voorzieningen

Op sommige scholen was een apart maaklokaal aanwezig, met veel materialen en gereedschappen. De spullen lagen op vaste plekken, zodat de leerlingen deze makkelijk konden vinden. In andere scholen was er geen maaklokaal. Daar was het lastiger materialen op een handige manier op te ruimen en te ordenen.

Inbedding Maakonderwijs in onderwijsprogramma

Veel van de leraren vinden dat Maakonderwijs niet een eenmalig project moet zijn, maar op meerdere momenten en in meerdere leerjaren zou moeten terugkomen. Volgens de leraren zou er bijvoorbeeld kunnen worden afgewisseld tussen kortere en langere leerarrangementen Maakonderwijs. Als leerlingen vaker met Maakonderwijs te maken krijgen, raken zij ook meer gewend aan dit type onderwijs. Leraren verwachten dat leerarrangementen Maakonderwijs dan sneller kunnen worden doorlopen, omdat nieuwe werkvormen of vaardigheden (bijv. mindmappen, programmeren) niet meer afzonderlijk hoeven te worden aangeleerd.

7.2.3 Keuze voor een thema

De leraren waren vrij in de keuze voor een thema voor het leerarrangement. Dat gebeurde op verschillende manieren.

Aansluiting op belevingswereld van de leerlingen

De leraren gaven aan dat zij het belangrijk vonden dat het thema van het leerarrangement aansloot op de belevingswereld van de leerlingen. Bij het leerarrangement *Zelfstandige Ouderen* sloot het thema bijvoorbeeld aan bij problemen die mogelijk spelen bij opa's en oma's van de leerlingen. Bij *Inrichting schoolruimte* had het volgens de leraar een meerwaarde dat het ging over een echte ruimte op school, die echt moest worden ingericht. Dit maakte het tastbaar voor leerlingen, en het zorgde voor een extra stimulans om iets te maken wat misschien ook echt gebruikt zou gaan worden.

Aansluiting op breder thema in de school

Bij het leerarrangement *Satellieten* sloot het thema van het leerarrangement aan op een breder thema waar op dat moment op school aan werd gewerkt: de ruimte. Hierdoor werd ook in andere vakken aan het thema aandacht besteed. De leraar merkte dat dit goed werkte, het leefde meer voor hen. Ook bij *Zelfstandige Ouderen* werd aangesloten op een schoolbreed thema, in dit geval duurzaamheid. Het prototype dat de leerlingen maakten moest duurzaam zijn.

8. Resultaten: Competenties en professionalisering leraren

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten met betrekking tot onderzoeksvraag 3 en 4:

3. *Op welke competenties van leraren doet Maakonderwijs een beroep?*
4. *Welke ondersteuning hebben leraren nodig bij Maakonderwijs?*

Hierbij beschrijven we de gegevens die verzameld zijn in de eindinterviews met de leraren in cyclus 2.

8.1 Competenties van leraren

Aan de leraren is gevraagd welke competenties zijzelf nodig hebben gehad en welke competenties zij denken dat leraren nodig hebben als zij met Maakonderwijs aan de slag willen. De benoemde competenties worden hieronder beschreven.

Overwinnen van handelingsverlegenheid

Allereerst gaven leraren aan dat je als leraar moet durven doen. Daarmee bedoelen zij dat leraren moeten durven om Maakonderwijs uit te proberen, ook al hebben zij het gevoel dat ze het nog niet helemaal in de vingers hebben. Eventuele handelingsverlegenheid moet daarbij overwonnen worden.

Kennis van het ontwerpproces bij Maakonderwijs

Het is volgens de leraren belangrijk om kennis te hebben van het ontwerpproces dat bij Maakonderwijs wordt doorlopen (bijv. de stappen van de ontwerpcyclus). Ook daarbij is het volgens de leraren nodig de stappen te leren kennen door het proces zelf te ervaren en hiermee te durven beginnen.

Flexibiliteit

Het begeleiden van Maakonderwijs vraagt flexibiliteit van de leraren. Zo is het volgens één leraar van belang om flexibel te kunnen zijn in het eigen lesprogramma, omdat het soms meer en soms minder tijd vraagt dan vooraf duidelijk is. Een andere leraar geeft aan dat je als leraar flexibel moet zijn, omdat je moet kunnen accepteren dat nog niet bekend is hoe het eindproduct eruit moet zien en dat het proces anders kan lopen dan je in gedachten had afhankelijk van waar de leerlingen mee komen.

Durven loslaten

Leraren gaven aan dat ze vonden dat ze leerlingen moesten laten leren van hun fouten en de ruimte moesten geven om zelf dingen uit te kunnen proberen/zoeken en leerlingen ook dingen te laten doen die je als leraar zelf nog niet kent of kunt. Ze gaven aan dat er momenten zijn geweest waarop ze twijfelden of ze niet teveel sturing gaven, maar ook momenten waarop ze twijfelden of de sturing niet te weinig was.

Samen leren met de leerlingen

De leraren in het project geven aan hun palet aan maakvaardigheden te willen uitbreiden om leerlingen hier beter in te kunnen begeleiden. Om te kunnen starten met Maakonderwijs is het echter niet nodig om te beschikken over een uitgebreid palet aan maakvaardigheden, Het is juist belangrijk om te leren de leerlingen los te laten: als je een techniek zelf niet kent, moet je samen met de leerlingen op onderzoek uit hoe het werkt.

Leerlingen begeleiden en uitdagen

Om het (denk)proces van de leerlingen te begeleiden geven alle leraren aan dat het kunnen stellen van de juiste vragen een belangrijke competentie is. Het gaat hierbij om het stellen van open, verdiepende vragen, die leerlingen aan het denken zetten.

Verder moet een leraar in staat zijn leerlingen te stimuleren om innovatieve ideeën te bedenken en nieuwe dingen te proberen.

8.2 Benodigde ondersteuning en professionalisering

In de interviews is leraren gevraagd wat zij willen leren om Maakonderwijs beter neer te kunnen zetten, welke ingrediënten er volgens hen in een professionaliseringsaanpak voor leraren zouden moeten worden opgenomen en hoe zij terugblikken op de activiteiten uit het project. Hieruit komt een tweedeling in de benodigde ondersteuning naar voren: (1) ondersteuning bij het uitvoeren van leerarrangementen Maakonderwijs en (2) ondersteuning bij het ontwerpen van leerarrangementen Maakonderwijs.

8.2.1 Ondersteuning bij het uitvoeren van leerarrangementen Maakonderwijs

Om Maakonderwijs handen en voeten te kunnen geven in de klas hebben de leraren behoefte aan ondersteuning op vier aspecten:

- kennis en inspiratie opdoen, ervaren,
- visie ontwikkelen,
- aandacht voor vaardigheden voor het begeleiden van het proces
- trainen van maakvaardigheden.

Kennis en inspiratie opdoen, ervaren

Om in staat te zijn zelf leerarrangementen uit te gaan voeren in de klas, gaven alle leraren aan dat het belangrijk is kennis op te doen van wat Maakonderwijs is, om inspiratie op te doen en Maakonderwijs zelf een keer te ervaren. Op die manier kan een visie op Maakonderwijs worden ontwikkeld en kunnen activiteiten in lijn met deze visie worden uitgevoerd of vormgegeven worden. Alle leraren gaven aan dat de stappen van de ontwerpcyclus uitgelegd zouden moeten worden (kennis) en dat leraren alle stappen zelf een keer zouden moeten doorlopen (ervaren). Dit biedt structuur om met Maakonderwijs aan de slag te gaan en sluit aan bij de competenties uit de vorige paragraaf.

Daarnaast is het volgens de leraren belangrijk om te zien wat Maakonderwijs op kan leveren (inspiratie) door verschillende maaklocaties te bezoeken. Een aantal van de leraren heeft in aanloop naar dit project verschillende maaklocaties bezocht. Zij hebben dit als waardevol ervaren, vooral omdat ze daar hebben gezien dat Maakonderwijs een verschil kan maken voor leerlingen: ‘dat het een manier kan zijn om leerlingen te bereiken die niet altijd leerbaar lijken te zijn in de klas’. Verder levert dit volgens deze leraren inzichten op in waarom en hoe Maakonderwijs ingevuld kan worden. Een van deze leraren merkte ook dat collega’s die niet hebben gezien wat Maakonderwijs op kan leveren minder enthousiast zijn en dit enthousiasme ook niet over kunnen dragen op de leerlingen. Leren hoe Maakonderwijs opgebouwd kan worden (het ervaren van de ontwerpcyclus) en zien wat het op kan leveren (het bezoeken van maaklocaties) zorgt voor ideeën om het zelf in te zetten en helpt om te bedenken waarom Maakonderwijs ingezet kan worden: wat is het doel van Maakonderwijs voor de school en de leerlingen? Hier zou iedere leraar of school die met Maakonderwijs aan de slag wil over na moeten denken volgens de leraren. Op die manier draagt inspiratie en ervaren ook bij aan het kunnen opstellen van een visie op Maakonderwijs binnen de school.

Ook de presentatie van een expert op het gebied van Maakonderwijs tijdens de kennisdeelbijeenkomst van het project leverde inspiratie voor. De concrete voorbeelden en ervaringen die zij deelde dienden als inspiratie om Maakonderwijs vorm te geven, maar ook voor de vraag met welk doel Maakonderwijs ingezet kan worden.

Daarnaast hebben alle leraren veel geleerd van het ‘doen’: leerarrangementen Maakonderwijs uitvoeren in de klas. Een leraar geeft aan het mééste geleerd te hebben door Maakonderwijs te ervaren, zelf dingen uit te proberen en zelf dingen uit te zoeken. Het belang van een theoretische inbedding van Maakonderwijs wordt door de leraren onderschreven, maar hierbij geven zij aan dat ervaren belangrijker is. De theorie zou gekoppeld moeten worden aan dat wat de leraren ervaren volgens de leraren.

Visie ontwikkelen

De hierboven beschreven inspiratie is input om tot een visie over Maakonderwijs ict te komen. Om de visie uit te werken zijn in het project verschillende activiteiten langsgekomen die bijdragen aan het vormen van een visie op Maakonderwijs. Hiervoor is onder andere een post-it sessie gehouden waarin de deelnemers leraren, opleiders, mediamentoren, onderzoekers) werd gevraagd drie zinnen af te maken (iXperium Maakonderwijs is gericht op ..., ik vind dat kinderen in iXperium Maakonderwijs..., iXperium Maakonderwijs leidt tot ...). De drie leraren die hebben deelgenomen aan deze sessie geven aan dat deze activiteit heeft bijgedragen aan het vormen van een eigen visie op Maakonderwijs. Een van deze leraren geeft hierbij wel aan dat dit vooral prikkelde om na te gaan denken over een visie, maar dat de daadwerkelijke visie vooral vorm kreeg tijdens het ontwerpen en het bespreken van het leerarrangement met de onderzoekers tijdens het interview. De andere twee leraren geven aan dat deze werkvorm heeft geholpen om de eigen visie te formuleren.

Aandacht voor vaardigheden voor het begeleiden en uitdagen van leerlingen

Alle leraren geven aan dat het belangrijk is kennis en vaardigheden op te doen die van belang is bij het begeleiden van leerlingen tijdens het proces van Maakonderwijs. Ze hebben behoefte aan verdere ondersteuning bij het leren stellen van de goede vragen. De vaardigheid om leerlingen te leren een goede onderzoeksvraag op te stellen is ook bruikbaar bij het begeleiden van het opstellen en afbakenen van ontwerp vragen. Verschillende leraren hebben gedurende het project aangegeven zoekende te zijn geweest naar manieren om dit te doen. Leraren hebben geen expliciete aandacht besteed aan het opstellen van hypothesen. Een leraar vraagt zich ook af of dit past bij Maakonderwijs. Het blijft daarom de vraag of ondersteuning nodig is bij het opstellen van hypothesen met leerlingen of dat dit niet past binnen Maakonderwijs.

Trainen van maakvaardigheden

In de vorige paragraaf komen maakvaardigheden niet als benodigde competentie naar voren. Toch geven alle leraren aan zelf nog meer te willen leren over maakvaardigheden (bijv. verschillende verbindingstechnieken of gereedschappen) en mogelijke ict-toepassingen (bijv. zich verder verdiepen in de Micro:bit). Voor nu kunnen zij uit de voeten met de vaardigheden en technieken die zij al in hun repertoire hadden om een start te maken met Maakonderwijs. Leraren geven aan dat het durven beginnen belangrijker is dan zelf direct beschikken over een uitgebreid repertoire aan maakvaardigheden. Door met Maakonderwijs te beginnen wordt het repertoire met maakvaardigheden vanzelf aangevuld. Daarbij geven twee leraren ook aan dat het van belang is om als leraar te kunnen en durven zeggen dat je iets niet weet of kunt en dan samen met leerlingen op zoek te gaan naar manieren waarop zij een techniek kunnen leren. Dit betekent dat een leraar dus ook

niet alle vaardigheden waar leerlingen naar vragen of die leerlingen nodig hebben hoeft te beheersen. Alle leraren geven na afloop van het project wel aan behoefte te hebben aan het uitbreiden van hun kennis over maakvaardigheden en ict-toepassingen: als een leraar meer technieken in zijn repertoire heeft, kan hij ook meer mogelijkheden aanreiken aan de leerlingen en leerlingen ondersteunen in het maken van keuzes van in te zetten technieken of toepassingen die passen bij het idee/ontwerp.

8.2.2 Ondersteuning bij het ontwerpen van leerarrangementen Maakonderwijs

Om leerarrangementen Maakonderwijs te kunnen ontwerpen hebben de leraren ondersteuning nodig op twee aspecten: (1) handleiding met handvatten voor het ontwerpen van leerarrangementen en (2) samen ontwerpen.

Handleiding met handvatten voor het ontwerpen van leerarrangementen

Volgens de leraren geeft de ontwerpcyclus en het ervaren van Maakonderwijs een startpunt om Maakonderwijs vorm te geven. Om leerarrangementen voor Maakonderwijs te gaan ontwerpen zijn volgens de leraren concretere handvatten nodig voor het ontwerpen van leerarrangementen. Hierbij werd onder andere het curriculaire spinnenweb van SLO (SLO, 2011) genoemd als bruikbaar handvat. Dit geeft leraren inzicht in waar zij allemaal over na moeten denken als zij een leerarrangement willen gaan ontwerpen. Een andere leraar denkt dat het kan helpen om bruikbare ontwerpformulieren of werkbladen aan te bieden die de leraar waar nodig aan kan passen aan het eigen arrangement en kan gebruiken in de uitvoering met leerlingen. Ook opperde een leraar het bieden van een duidelijke handleiding waarin tips en tops staan en waarin beschreven staat waarop gelet kan worden bij het vormgeven van Maakonderwijs. De leraar benadrukt wel dat uit de handleiding duidelijk moet worden dat niks heilig is en dat je als leraar eigen keuzes kunt maken in de vormgeving van Maakonderwijs, maar dat bepaalde elementen uit de ontwerpcyclus (idee, ontwerp maken en presenteren) wel noodzakelijk zijn. De handleiding zou een “los handje” moeten zijn die leraren helpt eigen invulling te geven aan Maakonderwijs. Voorbeelduitwerkingen van leerarrangementen die nog redelijk open zijn, zodat een leraar deze naar zijn of haar eigen hand kan zetten, kunnen volgens de leraar ook onderdeel uitmaken van zo’n handleiding. Een andere leraar geeft aan dat een korte theoretische onderbouwing van Maakonderwijs ook onderdeel zou moeten uitmaken van een dergelijke handleiding. Een pagina met theoretische inbedding is volgens deze leraar voldoende voor leraren om met Maakonderwijs aan de slag te kunnen.

Tijdens het project kregen de leraren een format gebaseerd op de uitgangspunten voor Maakonderwijs zoals geformuleerd in de opgestelde leerlijn. Dit format in PowerPoint hielp de leraren na te denken hoe de verschillende uitgangspunten terugkwamen in hun ontwerp. Dit format heeft twee leraren geholpen het leerarrangement verder uit te denken; het gaf handvatten voor het onderbouwen van het ontwerp.

Samen ontwerpen

Alle leraren geven aan dat het samen ontwerpen helpt om een leerarrangement Maakonderwijs uit te werken. Gedurende het project werd samen gewerkt met mensen die vanuit verschillende perspectieven meedenken over het ontwerpen van het leerarrangement (o.a. leraren, mediamentoren en lerarenopleiders van de HAN Pabo). Voor de leraren was het fijn om inspiratie op te doen door ontwerpen van de andere leraren te zien. Het onderling uitwisselen van feedback en ervaringen (bijvoorbeeld in de vorm van intervisie) wordt als voorwaardelijk gezien voor het kunnen vormgeven van Maakonderwijs. Verder heeft de input van mediamentoren en lerarenopleiders de leraren

geholpen om de juiste (hulp)middelen in te zetten.

Naast het samen ontwerpen vonden de leraren het ook waardevol om hun ontwerpen met anderen te bespreken. Zij gaven hierbij onder andere aan dat de interviews met de onderzoekers hielpen om na te denken over het leerarrangement. Het expliciteren van de eigen ideeën aan de hand van gerichte (reflectie)vragen van onderzoekers hielp de leraren om hun ideeën verder uit te werken. Daarnaast hebben het presenteren van het eigen leerarrangement en de ervaringen bij de uitvoering in cyclus 1 de leraren geholpen om zelf te reflecteren op het leerarrangement.

9. Conclusies en discussie

In dit rapport zijn de resultaten besproken met betrekking tot vier onderzoeksvragen:

1. Aan welke doelen van Wetenschap en Technologie kan met Maakonderwijs een invulling worden gegeven?
2. Welke vakdidactische en pedagogische principes horen bij Maakonderwijs?
3. Op welke competenties van leraren doet Maakonderwijs een beroep?
4. Welke ondersteuning hebben leraren nodig bij Maakonderwijs?

In dit hoofdstuk formuleren wij antwoorden op deze onderzoeksvragen (9.1) en plaatsen wij de resultaten in een breder perspectief en bespreken wij welke aanbevelingen hieruit naar voren komen voor vervolgonderzoek en de onderwijspraktijk (9.2).

9.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten die zijn beschreven in dit onderzoeksrapport kunnen antwoorden op de onderzoeksvragen worden geformuleerd.

9.1.1 Aan welke doelen van Wetenschap en Technologie kan met Maakonderwijs een invulling worden gegeven?

Het lijkt mogelijk om met Maakonderwijs invulling te geven aan alle W&T-leerdoelen uit het Leerplankader voor Wetenschap en Technologie (W&T) van SLO (Graft & Klein Tank, 2018) zoals die in paragraaf 3.1 beschreven zijn. De mate waarin de leerdoelen invulling kregen in de verschillende leerarrangementen verschilde, deels ook op basis van het belang dat de leraar aan het leerdoel hechtte of de mate waarin de leraar van mening was dat het leerdoel in het leerarrangement opgenomen moest worden.

Altijd aanwezig

Leerdoelen met betrekking tot het bedenken van ideeën, het uitwerken van een ontwerp in bijvoorbeeld een ontwerpschets, het maken van een prototype en het presenteren van een prototype kwamen in alle leerarrangementen duidelijk terug. Deze leerdoelen lijken makkelijk in te passen in leerarrangementen voor maakonderwijs.

Soms wel, soms niet aanwezig

Er zijn ook leerdoelen die in sommige leerarrangementen goed leken te passen en in andere leerarrangementen niet of in mindere mate terugkwamen. Een voorbeeld hiervan is het zoeken en ordenen van informatie. In het arrangement *Zelfstandige Ouderen* kwam dit expliciet terug als activiteit waarbij de leerlingen de informatie meenamen in een brainstorm en op deze manier uiteindelijk verwerkten in hun ontwerp. In andere leerarrangementen lieten de leraren de leerlingen vrij om informatie op te zoeken als zij dit zelf nodig vonden. In deze gevallen bleek dat de meeste leerlingen geen informatie opzochten en gebruikten als input voor hun ontwerp. Een ander voorbeeld heeft betrekking op het testen, evalueren en bijstellen van het prototype. In sommige leerarrangementen werd deze stap wegens praktische overwegingen (tijd) soms ingekort of overgeslagen. Ook gaven sommige leraren aan dat zij het lastig vonden om leerlingen te stimuleren nog een verbeteringslag over hun prototype te maken als zij heel trots waren op hun eerste versie. Zowel het toewerken naar een werkend prototype als het vooraf opstellen van concrete ontwerpisen lijken

bij te kunnen dragen aan de mate waarin leerlingen kunnen evalueren of het prototype werkt zoals bedoeld en om op basis daarvan verbeteringen te kunnen formuleren en doorvoeren.

Meestal niet aanwezig

Verder zijn er ook leerdoelen die in de meeste leerarrangementen nog niet of nauwelijks expliciet terugkwamen, maar die (met enige aanpassingen) wel degelijk breder lijken te passen binnen Maakonderwijs. Dit geldt onder andere voor het formuleren van hypothesen, het afbakenen van een probleem of ontwerp vraag en het opstellen van ontwerpeisen. Uit de interviews dat leraren het zelf lastig vonden de inhoud van deze competenties te omschrijven en daarom ook wat zij hierbij van de leerlingen kunnen verwachten.

Ook het planmatig aan de slag gaan met maken waarbij leerlingen zelf materialen en gereedschap kiezen leek lastiger vorm te geven in de leerarrangementen. Dat betekende dat het nu vaak afhankelijk was van de leerling zelf en niet begeleid werd door werkvormen.

9.1.2 Welke vakdidactische en pedagogische principes horen bij Maakonderwijs?

Als Maakonderwijs beschreven wordt aan de hand van het Model Didactische Analyse (Gelder et al., 1973), dan is het relevant om doel en middel uit elkaar te houden. De W&T doelstellingen zoals beschreven in paragraaf 3.1 zijn hier de doelstellingen. Maakonderwijs is dan geen doel op zich, maar levert de werkvormen en leermiddelen om een onderwijssituatie vorm te geven waarmee die doelstellingen bereikt kunnen worden.

Zoals uit de in hoofdstuk 7 beschreven werkvormen blijkt, zijn instructiewerkvormen minder vaak geschikt of alleen op maat of in de vorm van peer-instructie. Het is belangrijk dat leraren ook bij Maakonderwijs de onderwijssituatie bewust en zorgvuldig ontwerpen, de (verschillen in) beginsituatie bij leerlingen daarbij meenemen en aan het einde zowel het bereiken van de vooraf gestelde doelen als het proces (het verloop van het leerarrangement) toetsen en evalueren.

Ook bij Maakonderwijs is het niet verstandig leerlingen maar gewoon “in het diepe” te gooien. Beginnen met het bekijken van uitwerkte voorbeelden (Sweller, 2006) die ze daarna verder uitwerken en aanvullen (Paas, 1992) kan helpen om hen van beginners te laten doorgroeien tot experts. Als beginners beschikken de leerlingen namelijk over minder diepgaande kennischema's dan experts, is hun probleemoplossing minder efficiënt en beschikken ze over zwakkere probleemoplossingsstrategieën (Chi et al., 1981). De leraar moet hen niet alleen inhoudelijk bij dat proces ondersteunen, maar ook op het gebied van hun zelfsturing en metacognitie.

Als onderdeel van de evaluatie van de voor cyclus 1 ontwikkelde leerarrangementen is een aantal aanbevelingen opgesteld die in het onderzoeksrapport in meer detail worden besproken. Samengevat luiden deze aanbevelingen aan leraren bij het ontwerpen van Maakonderwijs:

- Besteed voldoende aandacht aan het afbakenen en/of kiezen van de vraag en het probleem;
- Stimuleer leerlingen bewust om informatie op te zoeken over de vraag en het probleem en verstrek indien noodzakelijk uitleg over hoe ze dat moeten doen;
- Maak niet te snel de stap naar het schetsen van een ontwerp, laat leerlingen voldoende tijd nemen voor de ideevormende fase;
- Geef leerlingen voldoende tijd om de ontwerpeisen scherp te krijgen;
- Laat leerlingen een werkend prototype maken met het gebruik van ict als ontwerpeis;

- Denk na over het vooraf stellen van maakbaarheidseisen (en de wijze waarop die geformuleerd worden);
- Kies bewust voor het moment van het aanbieden van workshops maaktechnieken;
- Gebruik peerfeedback of een vragenronde tijdens de ontwerp- en/of maakfase;
- Kies het juiste moment om leerlingen bij te sturen en zorg ervoor dat de wijze van bijsturen hen helpt het ontwerpproces beter te begrijpen;
- Stimuleer bewust het denken van leerlingen door middel van vragen.

9.1.3 Op welke competenties van leraren doet Maakonderwijs een beroep?

Uit het onderzoek blijkt dat Maakonderwijs een beroep op een aantal algemene en specifieke competenties van leraren, waarvan we de belangrijkste hieronder samenvatten.

Allereerst zijn er de Bekwaamheidseisen leraar primair onderwijs (Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, 2017) die onderscheid maken in de vakinhoudelijke bekwaamheid, vakdidactische bekwaamheid (algemeen, kennis, kunde), pedagogische bekwaamheid (algemeen, kennis, kunde).

De **vakinhoudelijke bekwaamheid** veronderstelt dat de leraar de inhoud van zijn onderwijs beheerst en boven de leerstof staat. Voor Maakonderwijs betekent dit dat de leraar kennis heeft van de ontwerpcyclus en op basis daarvan onderwijs kan ontwerpen en begeleiden. De leraar kent de relatie tussen Maakonderwijs en de andere onderdelen van het curriculum van de school en in deze context de verschillende inhouden vanuit W&T. De leraar is op de hoogte van het bestaan van verschillen tussen leerlingen als het gaat om hun vaardigheid op het gebied van Maakonderwijs en kan daarop inspelen.

Vanuit de **algemene vakdidactische bekwaamheid** legt de leraar een relatie tussen de W&T-leerdoelen, het niveau en de kenmerken van de leerlingen en de inzet van verschillende werkvormen en materialen. Bij de uitvoering van het onderwijs volgt de leraar de ontwikkeling van de leerlingen, bijvoorbeeld via de wekelijkse leerlingvragenlijst zoals die ook bij dit onderzoek gebruik is (zie pagina 74).

Als onderdeel van het **kennis**-aspect van de **vakdidactische bekwaamheid** is de leraar op de hoogte van relevante leer- en onderwijstheorieën gerelateerd aan Maakonderwijs, zoals het constructionisme (Papert, 1983; Papert & Harel, 1991), constructivisme (Piaget, 1973) in relatie tot de uitgangspunten van John Dewey, Maria Montessori, Johann Pestalozzi en Friedrich Fröbel⁸. De leraar kent de verschillende werkvormen in deze context.

Als het gaat om het **kunde**-aspect van de **vakdidactisch bekwaamheid** hebben de leraren in het onderzoek laten zien dat ook bij Maakonderwijs, een groot aantal zaken uitgevoerd moeten worden met betrekking tot het voorbereiden van het leerarrangement, het uitvoeren van het onderwijs en het evalueren van die uitvoering. Hoewel dat generieke bekwaamheden zijn, noemen we ze hier nogmaals omdat het stellen van leerdoelen vooraf, het uitwerken van onderwerpen van onderwerpen tot samenhangende lessen met bewust gekozen werkvormen, het verduidelijken van de leerdoelen aan de leerlingen, gestructureerd evalueren tijdens en achteraf juist binnen een meer op innovatie gerichte setting als bij Maakonderwijs vaak nog het geval is, niet vanzelfsprekend blijkt.

De **pedagogische bekwaamheden** (algemeen, kennis, kunde) van de leraar in het kader van Maakonderwijs omvatten onder andere:

⁸ Zie voor een toegankelijke inleiding hierop o.a. de tweede druk van *Invent to Learn* van Sylvia Libow Martinez en Gary Slagter (2019)

- het tot stand brengen van een veilig, ondersteunend en stimuleren leerklimaat voor de leerlingen waarbij veilig niet alleen betrekking heeft op het technisch veilig gebruiken van apparaten en materialen, maar ook het hebben van een veilige omgeving waarin leerlingen durven te experimenteren, niet bang zijn om vergissingen en fouten te maken;
- het zicht krijgen op de leefwereld van de leerlingen en hun sociaal-culturele achtergrond zodat onderwerpen voor leerarrangementen hierop kunnen aansluiten en betekenis krijgen voor de leerlingen;
- het kunnen sturen en begeleiden van groepsprocessen;
- het kunnen wekken van vertrouwen bij de leerlingen en het scheppen van een veilig pedagogisch klimaat;
- het scheppen van ruimte voor leren;
- het duidelijk maken van verwachtingen en stellen van eisen aan leerlingen;
- het stimuleren van het zelfvertrouwen van leerlingen en het aanmoedigen en motiveren van leerlingen;
- het bewaken van zijn eigen grenzen.

Specifiek voor Maakonderwijs kunnen we de competenties van de leraar als volgt samenvatten. De leraar:

- ontwerpt uitdagende leerarrangementen voor Maakonderwijs waarbij gebruik gemaakt wordt van bestaande (digitale) leermiddelen, aangevuld met eigen materialen, die aansluit op de W&T-doelstellingen en rekening houden met verschillen in niveau, tempo en/of werkwijze van leerlingen;
- heeft kennis van het ontwerpproces en de wijze waarop hiermee door leerlingen de verschillende leerdoelen behaald kunnen worden;
- heeft kennis van de relevante leer- en onderwijstheorieën gerelateerd aan Maakonderwijs;
- creëert een veilige omgeving waarbinnen de leraar en leerlingen kunnen werken in het kader van Maakonderwijs;
- reflecteert op, evalueert en onderzoekt de uitgevoerde leerarrangementen voor Maakonderwijs en past ze waar nodig op basis daarvan aan;
- leert en werkt zelfstandig en samen met anderen binnen en buiten de eigen organisatie (collega's én leerlingen) om de eigen maakvaardigheden en visie op Maakonderwijs te blijven ontwikkelen;
- ondersteunt leerlingen bij het worden van vaardige makers, daagt hen uit tijdens dit proces.

9.1.4 Welke ondersteuning hebben ze daarbij nodig?

Op basis van de resultaten van het onderzoeksproject zijn voor de professionalisering van leraren de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- Leraren gaan samen maken, ontwerpen en onderzoeken;
- Leraren gaan samen reflecteren en leren en betrekken hierbij hun leerlingen;
- Leraren gaan vooral aan de slag met leerlingen.

Verder gaat het bij Maakonderwijs om een zogenaamde complexe onderwijssituatie. Het proces van ontwerpend leren is organisatorisch complex (of kan zo ervaren worden) doordat het vereist om op een andere manier naar het organiseren van je onderwijs te kijken.

Voor de professionalisering zijn daarom de volgende doelen geformuleerd:

- Leraren hebben een beeld bij de visie van Maakonderwijs, de competenties, de leerdoelen en de ontwerpisen;
- Leraren kunnen hun eigen onderwijsdoelstellingen Maakonderwijs formuleren;
- Leraren kunnen creatief leren en denken en zo ervaringen vanuit verschillende leergebieden combineren;
- Leraren kunnen zelf het maakproces doorlopen, op hun eigen leren en dat van de leerlingen reflecteren;
- Leraren kunnen samen maken, ontwerpen van de leerarrangementen;
- Leraren leren samen met partners, collega leraren en de eigen leerlingen;
- Leraren weten wat hun rol is in het Maakonderwijs en kunnen hierin handelen.

Dit zijn geen doelen die met een enkele trainingmiddag bereikt kunnen worden, dit omvat een langer lopend traject dat op maat aangeboden moet worden. Hoe dit kan wordt in meer detail in het professionaliseringsplan beschreven (Hendriks et al., 2020)

9.2 Discussie

Maakonderwijs wordt nog niet op grote schaal ingezet in het onderwijs. Er is een groeiende groep pioniers. In dit onderzoek hebben we met deze pioniers leerarrangementen uitgewerkt en laten zien dat het goed mogelijk is Maakonderwijs in te zetten om met leerlingen aan de W&T doelen te werken. De vraag is of dit ook werkbaar is voor de bredere groep leraren, die nog niet uit zichzelf geïnteresseerd is in Maakonderwijs ict. Het onderzoek doet vermoeden dat hier meer voor nodig is. De betrokken leraren bleken geen ervaren ontwerpers van leerarrangementen te zijn in de zin dat het ontwikkelen van een volledig uitgewerkt leerarrangement met beschrijving van bijbehorende leerdoelen, werkvormen en planningen voor hen nieuw was. Omdat zo'n beschreven leerarrangement voorwaardelijk was voor het uit te voeren onderzoek, is hier extra ondersteuning op ingezet. Het verwerken van ict in de leerarrangementen was geen vanzelfsprekendheid voor de betrokken leraren. De rol van ict was (daardoor) nu nog tamelijk beperkt binnen de ontwikkelde arrangementen. Ook hier is de verwachting dat dit voor hun collega's een nog grotere uitdaging wordt.

Tijdens het onderzoek bleken de leerlingen na cyclus 2 lager te scoren op de SCILE-vragenlijst dan vooraf. Dit zou verklaard kunnen worden door het Dunning-Kruger-effect (Kruger & Dunning, 1999; Poot, 2020) waarbij de leerlingen in eerste instantie onbewust onbekwaam zijn en hun vaardigheden overschatten, terwijl ze daarna hun vaardigheden lager inschatten omdat ze merken dat niet alles wat ze zich voorgenomen hadden zomaar vanzelf goed gaat. Het is echter nog te vroeg om hier generieke uitspraken over te doen. Mede omdat het leerarrangement nu nog relatief losstaand is en de leerlingen niet gewend zijn om zichzelf op deze aspecten te beoordelen.

Het uitgevoerde onderzoek was een goed voorbeeld van praktijkgericht onderzoek waarbij veel van de betrokken partijen direct bij het onderzoek betrokken waren: leraren, lerarenopleiders, ondersteuners (mediamentoren) en onderzoekers werkten samen zowel bij het opzetten van het onderzoek, het ontwerpen en uitvoeren van de leerarrangementen als bij het duiden van de resultaten.

Deze nauwe samenwerking werd als positief ervaren, de onderzoekers waren voor de leraren geen vreemde wezens die hen uitsluitend kwamen observeren in de klas of met anonieme vragenlijsten informatie verzamelden, de lerarenopleiders en ondersteuners konden door de hechte samenwerking

goed ervaren waar knelpunten lagen en ondersteuningsbehoeften liggen, de leraren op hun beurt hadden bij het ontwerpen en ontwikkelen welkome sparringpartners aan elkaar en aan de andere betrokkenen.

Keerzijde was dat het heel ingewikkeld bleek om ook te blijven bewaken dat het toegezegde onderzoek volgens plan uitgevoerd kon worden. Het ontwikkelen van de onderzoeksinstrumenten, afgestemd op de leerlijn en de leerarrangementen, verzamelen van de data en verzorgen van de terugkoppeling op basis daarvan tussen cyclus 1 en 2, heeft voor de nodige uitdagingen gezorgd. De hiervoor geplande inzet van onderzoekers was ruimschoots onvoldoende en heeft geleid tot noodzakelijke extra inzet uit eigen middelen.

Bij gebrek aan een gevalideerd instrument voor het meten van de dekking van de W&T-leerdoelen, is gebruik gemaakt van een eigen, nog niet gevalideerd instrument, gebaseerd op zelfrapportage door leerlingen. De betekenis van de verschillende antwoordcategorieën is niet altijd even goed te duiden (bijv. wanneer kiest een kind voor ‘veel’ of ‘heel veel’). De resultaten van de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen geven echter wel een goed beeld van de relatieve mate waarin de verschillende leerdoelen aan bod zijn gekomen in de leerarrangementen. Vervolgonderzoek is nodig om de daadwerkelijke vooruitgang van leerlingen op de verschillende W&T-leerdoelen te meten. Hiervoor moeten dan nieuwe instrumenten worden ontwikkeld en gevalideerd.

Het onderzoek laat zien dat er geen W&T-leerdoelen in de opgestelde lijst waren die niet met Maakonderwijs te realiseren zijn. Een aantal leerdoelen kwam minder uit de verf, deels omdat de leraren van mening waren dat deze niet in de leerarrangementen voor Maakonderwijs thuis hoorden of niet daarin aanwezig hoefden te zijn omdat ze elders aan bod zouden moeten of kunnen komen. In dit onderzoek stond Maakonderwijs centraal, en wel of en hoe met Maakonderwijs aan de leerdoelen van W&T gewerkt kan worden en of het zinvol is Maakonderwijs in het W&T curriculum te integreren. We beantwoorden deze vraag voorzichtig positief. Er blijven namelijk belangrijke vragen open:

- Hoe effectief zijn de ontwikkelde leerarrangementen? Slagen zij er in om de leerlingen daadwerkelijk de beoogde leerdoelen bij te brengen?
- Bieden het op basis van dit onderzoek, opgestelde professionaliseringsplan en de andere instrumenten/hulpmiddelen, voldoende op maat ondersteuning voor de niet-pioniers op het gebied van Maakonderwijs?
- Slagen scholen er in om W&T in de breedte een plek in hun onderwijsprogramma te geven waarvan Maakonderwijs dan een deel uit kan maken?

Het onderzoek komt nu na twee cycli ten einde. De Provincie Gelderland deed recent onderzoek naar de stand van zaken rond implementatie van W&T bij 127 scholen in de provincie⁹ (Provincie Gelderland, 2020b, 2020a). Zo’n 10% van de scholen besteedde geen enkele aandacht aan W&T. Van de andere 90% behoorde zo’n 40% tot de groep “starters” waar nog niet structureel aandacht voor W&T was, een kwart was voorloper waarbij het nog vooral een kwestie van finetunen was, een derde zat daar tussenin.

De provincie adviseert om beleid te richten op twee sporen:

1. Geef voorlopers een podium, laat ontwikkelaars zich inspireren;
2. Neem starters aan de hand met een inspirerend ondersteuningsprogramma.

⁹ Er werden 885 scholen (po, so en sbo) aangeschreven, de response was dus ongeveer 14%.

Beide sporen sluiten goed aan bij de werkwijze van het iXperium/CoE. Een aanvullend advies daarbij zou zijn om ook aandacht te besteden aan de schoolleiders en hun vragen. Leidinggevenden hebben ook vaak behoefte aan sparringpartners en ondersteuning op hun niveau. Bijvoorbeeld als het gaat om strategieën om onderwerpen als W&T en Maakonderwijs te integreren met de bestaande visie en onderwijskundige aanpak binnen de school, hoe om te gaan met mogelijke weerstand, hoe het beste tegemoet te komen aan vragen of behoeften aan professionalisering.

Op een van de deelnemende scholen was, onder leiding van de directeur, gekozen voor een meerjarig implementatieplan voor Maakonderwijs. Iedereen wist dat het niet in één jaar allemaal klaar hoefde te zijn, er werd gezorgd voor ontwikkelteams waarin ook minder ervaren leraren onder begeleiding konden werken aan het ontwikkelen van leerarrangementen, de voorzieningen in de school (Maaklokaal) werden verder op orde gebracht. Dit traject loopt nog maar lijkt een goede manier om deze onderwerpen in het onderwijs te integreren.

Referenties

- Ackermann, E. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? *Constructivism: Uses and Perspectives in Education*, 1–11. <https://doi.org/10.1.1.132.4253>
- Akker, J. van den, Bannan, B., Kelly, A. E., Nieveen, N., & Plomp, T. (2013). Educational Design Research. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research*. Educational Design Research. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research*.
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2014). Classroom contexts for creativity. *High Ability Studies*, 25(1), 53–69. <https://doi.org/10.1080/13598139.2014.905247>
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121–152. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2
- Coetsier, N. (red), Gorissen, P., Baggerman, A., Bakker, M., Hendriks, A., Hennekes, M., ... Goedhart, J. (2020). *Leerlijn maakonderwijs met ict in het po: uitgangspunten, competentiegebieden en leerdoelen*. Retrieved from https://www.ixperium.nl/wp-content/uploads/2020/05/Leerlijn-maakonderwijs-met-ict-in-het-po_20200516.pdf
- Gelder, L. van, Peters, J. J., Oudkerk Pool, T., & Sixma, J. (Eds.). (1973). *Didactische Analyse Werk-en Studieboek 2*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Gerstein, J. (2016). Maker Education: Pedagogy, Andragogy, Heutagogy. Retrieved from <https://usergeneratededucation.wordpress.com/2016/06/14/maker-education-pedagogy-andragogy-heutagogy/>
- Gorissen, P. (2019). *Maakonderwijs in het kader van ict-geletterdheid iXspace*. Retrieved from <https://www.ixperium.nl/onderzoeken-en-ontwikkelen/publicaties/maakonderwijs-in-het-kader-van-ict-geletterdheid/>
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. (2014). The Maker Movement in Education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495–504. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>
- Hendriks, A., Hennekes, M., Knuivers, J., Gorissen, P., & Goedhart, J. (2020). *Professionaliseringsplan Maakonderwijs met ict*. Retrieved from https://www.ixperium.nl/wp-content/uploads/2020/01/Professionaliseringsplan-Maakonderwijs_20200516.pdf
- Hlubinka, M., Dougherty, D., Thomas, P., Chang, S., Hofer, S., Alexander, I., & Mcguire, D. (2013). *Makerspace Playbook*. Retrieved from <http://makered.org/wp-content/uploads/2014/09/Makerspace-Playbook-Feb-2013.pdf>
- Klepper, J., Pereira, J., & Zayner, Z. (2017). *Maker Education. Effective Implementation in 21st Century Classrooms*.
- Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121–1134. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.6.1121>
- Martines, S. L., & Stager, G. (2019). *Invent to Learn 2nd Edition. Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Construction Modern Knowledge Press.
- Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap. (2017). *Bekwaamheidseisen leraar primair onderwijs*. Retrieved from <https://www.poraad.nl/file/9952/download?token=ROxegueq>
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>
- Papert, S. (1983). Mindstorms: Children, computers and powerful ideas. In *New Ideas in Psychology* (Vol. 1). [https://doi.org/10.1016/0732-118X\(83\)90034-X](https://doi.org/10.1016/0732-118X(83)90034-X)
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Situating Constructionism*. Retrieved from

- <http://namodemello.com.br/pdf/tendencias/situatingconstrutivism.pdf>
- Piaget, J. (1973). To Understand is to Invent: The Future of Education. In *International Commission on the Development of Education*. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000006133>
- Platform Onderwijs2032. (2016). *Ons onderwijs2032 Eindadvies*. Retrieved from Platform Onderwijs2032 website: <http://onsonderwijs2032.nl/wp-content/uploads/2016/01/Ons-Onderwijs2032-Eindadvies-januari-2016.pdf>
- Poot, A. (2020). *Maken in de Klas*. PICA.
- Provincie Gelderland. (2020a). *Advies Wetenschap & technologie in het Gelderse basisonderwijs*. Retrieved from https://www.kwto.nl/wp-content/uploads/2020/05/A4_Brochure_WT_2020_def.pdf
- Provincie Gelderland. (2020b). *Technologie in het DNA van basisscholen*.
- Roffey, T., Sverko, C., & Therien, J. (2016). *The Making of a Makerspace: Pedagogical and Physical Transformations of Teaching and Learning*. Retrieved from http://www.makerspaceforeducation.com/uploads/4/1/6/4/41640463/makerspace_for_education_curriculum_guide.pdf
- SLO. (2011). *Curriculair spinnenweb*. Retrieved from http://cursuscurriculumontwerp.slo.nl/kennisbank/Curriculaire_spinnenweb.docx/
- SLO. (2015). W&T is geen apart vak. Retrieved from <http://wetenschapentechnologie.slo.nl/over-wetenschap-en-technologie/geen-apart-vak>
- Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16(2 SPEC. ISS.), 165–169. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.02.005>
- Techniekpact. (2013). *Nationaal Techniekpact 2020*. Retrieved from <http://techniekpact.nl/cdi/files/f1441a07a7dab41382fd20095b16c618ad14773c.pdf>
- Tilburg, M. van. (2016). *Grip op maakonderwijs*. Retrieved from <http://www.lkca.nl/~media/downloads/bijeenkomsten/onderzoeksconferentie/2016/grip-op-maakonderwijs.pdf>
- Troxler, P. (2016). *Niet alleen “omdat het kan.”* Retrieved from <https://waag.org/sites/waag/files/public/media/publicaties/pme-onderzoek-kennis-maker-education.pdf>
- Valcke, M. (2010). *Onderwijskunde als ontwerpwetenschap - Een inleiding voor ontwikkelaars van instructie en toekomstige leerkrachten*. Retrieved from <https://biblio.ugent.be/publication/423765>
- van der Meij, A. (2015). Vier Maker Education Mythes ontkracht. Retrieved from <http://makered.nl/vier-maker-education-mythes-ontkracht/>
- Van Eijck, T., Fraij, M., Kragten, M., & Pijlse, M. (2018). Maker education in the Netherlands – state of play and lessons for the future. In P. Troxler & R. Klapwijk (Eds.), *Proceedings of FabLearn Netherlands 2018* (pp. 43–48). Rotterdam.
- Van Graft, M., Tank, M. K., & Beker, T. (2016). *Wetenschap & technologie in het basis en speciaal onderwijs*. Retrieved from <http://downloads.slo.nl/Repository/wetenschap-en-technologie-in-het-basis-en-speciaal-onderwijs.pdf>
- Waag Society. (2014). *Petitie: maken moet weer terug in het onderwijs*. Retrieved from <http://waag.org/nl/nieuws/petitie-maken-moet-weer-terug-het-onderwijs>
- Weible, J. L., & Zimmerman, H. T. (2016). Science curiosity in learning environments: developing an attitudinal scale for research in schools, homes, museums, and the community. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1235–1255. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1186853>

- Welbedacht, M. (2017). *Exploratie in een science museum. De voorspellende waarde van mindset, nieuwsgierigheid en aandacht bij kinderen voor exploratie in een science museum*. Retrieved from [https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/59975/Welbedacht%2C Merel-s1312448-MA Thesis PEDA-2017.pdf?sequence=1](https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/59975/Welbedacht%2C%20Merel-s1312448-MA%20Thesis%20PEDA-2017.pdf?sequence=1)
- Wijnants-Crama, C. (2017). *Abc van het maken gelanceerd*. Retrieved from Techniekpact website: <http://www.techniekpact.nl/abc-van-het-maken-gelanceerd>
- Wismans, G., Slot, E., & Bastings, M. (2013). *Kwaliteitskaart Excellentiebevordering door middel van onderzoekend en ontwerpend leren*. Retrieved from [https://www.uu.nl/sites/default/files/saz_excellentiebevordering_door_middel_van_onderzoek end_en_ontwerpend_leren1.pdf](https://www.uu.nl/sites/default/files/saz_excellentiebevordering_door_middel_van_onderzoek_end_en_ontwerpend_leren1.pdf)

Bijlage A: Algemene interviewleidraad begininterview cyclus 1

Leerdoelen

- W&T-doelen voorleggen:
 - Welke W&T-leerdoelen komen aan bod in het leerarrangement? En hoe dan (per leerdoel)?
 - Waar (in welke week) ligt het accent van elk leerdoel?

Rol van leraar en leerlingen

- Wat doe je als leraar tijdens dit leerarrangement? (bijv. coach, expert, inspireren, stimuleren, aansturen, instructie geven). Hoe verschilt dit in verschillende onderdelen van het leerarrangement?
 - Wat vind je het meest spannend?
 - Waar heb je het meeste zin in?
- Welke rol hebben leerlingen in het leerarrangement?
- In welke mate is er sprake van zelfsturing/zelfregie, en op welke manier? Hoe verschilt dit in verschillende onderdelen van het leerarrangement?
 - Evt. doorvragen op:
 - Leerinhoud
 - Interesses van leerlingen
 - Manier van leren
 - Niveau
 - Hoe worden deze keuzes gemaakt?
 - Hoe worden leerlingen begeleid bij het maken van deze keuzes?

Groepsindeling, samenwerking

- Hoe worden de groepjes samengesteld?
- Is er sprake van verschillende rollen binnen de groepjes? Zo ja: welke rollen, met welk doel zijn deze rollen gekozen, hoe/door wie worden de rollen verdeeld?
- Wat betekent deze groepsindeling (en rolverdeling) voor de uitvoering van de opdrachten?
- Welke activiteiten gebeuren in groepjes en welke individueel? Waarom? Bij de groepsactiviteiten: hoe is de rolverdeling?
- Blijft deze groepsindeling (en rolverdeling) gedurende het hele project hetzelfde?
- Hoe wordt het samenwerken door de leraar begeleid?

Rol van ict

- Op welke manieren wordt er in het leerarrangement gebruik gemaakt van ict?
 - Bij het verkennen en verzamelen
 - Bij het genereren van ideeën
 - Bij het schetsen/ontwerpen
 - Bij het maken
 - Bij het samenwerken
 - Bij het presenteren)
- Hoe leren leerlingen hiermee werken? (rol leraar, zelfsturing, evt. ixperium)

Per onderdeel van het leerarrangement

- Welke leeractiviteiten/opdrachten/werkvormen worden gebruikt?
- Hoe gaan leerlingen aan de slag?
- Welke materialen en/of handvatten krijgen ze hierbij?

- Wat is de rol van de leraar hierbij? Wat doet de leraar? Welke begeleiding geeft de leraar?
- Evt.: Hoe komt het leerdoel ... hierin naar voren? [indien nog niet duidelijk geworden]

Bij betreffende onderdelen van het leerarrangement werd dit aangevuld met de volgende vragen:

- Hoe worden leerlingen begeleid in het kiezen en formuleren van een ontwerpvraag/onderzoeksvraag?
- Hoe worden leerlingen begeleid in het beargumenteren van ontwerpkeuzes?
- Hoe wordt de koppeling gelegd met probleemstelling en ontwerpeisen?

Bijlage B: Kijkkader lesobservaties Maakonderwijs

Onderstaand kijkkader werd gebruikt om een idee te hebben waar op te letten bij het observeren van leerkrachthandelingen binnen het Maakonderwijs. Het kijkkader werd bewust niet strikt gevolgd; er was sprake van een open observatie.

Instructie:

- *Hoe geeft de leraar **instructie**? Bijv. d.m.v. sturing geven (zo moet het), voorbeelden geven (zo kan het), ...?*

Begeleiden

- ***Leraargestuurd vs. leerlinggestuurd** (neemt leraar zelf initiatief om iets te zeggen of reageert hij op vragen van leerlingen. Verdeelt de leraar zijn aandacht eerlijk over de groepjes?)*
- *Begeleiden van **individuele leerlingen vs. groepjes**?*
- *Hoe **verdeelt de leraar zijn aandacht** over de groepjes/individuele leerlingen*
- *Wat voor **vragen** stelt de leraar?*
 - ***Gesloten** vragen*
 - ***Open** vragen*
 - ***Suggestieve** vragen (opdracht verpakt als vraag)*
 - ***Hogere orde** vragen (vragen die zich richten op het stimuleren van probleemoplossend vermogen, zelfstandigheid, kritisch denken, het ontlocken van discussies)*
 - ***Lagere orde** vragen (vragen om leerlingen dingen te laten onthouden, leerlingen dingen te laten begrijpen, leerlingen dingen te laten toepassen)*
- *Wat voor **feedback** geeft de leraar:*
 - *Feedback op **product/resultaat***
 - *Feedback op **proces***
 - *Feedback op **zelfregulatie***
 - ***Persoonsgerichte** feedback (niet gerelateerd aan de taak)*
 - *Is de feedback **gericht op het bereiken van (leer)doelen**?*
 - ***Positieve vs. negatieve** feedback*
- *Stimuleert de leraar leerlingen **zelf dingen uit te zoeken** (en hoe dan?) of 'zegt hij dingen voor'?*
- ***Stuurt** de leraar leerlingen een bepaalde kant op? Zo ja, hoe?*
- *Hoe gaat de leraar om met **fouten** van leerlingen?*
- *Hoe helpt de leraar de leerlingen/ groepjes op weg als zij **vastlopen**?*
- *Hoe begeleidt de leraar bij **maaktechnieken en ict-gebruik**? Bijv. uitleggen, voordoen, zelf laten proberen, het overnemen van de leerling, ...*
- *Hoe speelt de leraar in op de **leerbehoefte van verschillende leerlingen**?*

Begeleiden denkproces

- *Hoe begeleidt de leraar leerlingen bij het **maken van keuzes**?*
- *Hoe stimuleert de leraar het **leggen van verbanden** (bijv. tussen experiment en prototype, of tussen ontwerp en probleemstelling) en/of hoe maakt de leraar deze verbanden duidelijk?*
- *Hoe stimuleert de leraar leerlingen om **door te gaan, dieper te gaan, verder te gaan**?*
- *Hoe stimuleert de leraar de **creativiteit** van leerlingen?*
- *Hoe zorgt de leraar voor **inspiratie**?*
- *Hoe stimuleert de leraar **reflectie** op het proces en product? (bijv. d.m.v. feedback, reflecterende vragen stellen, leerlingen elkaar feedback laten geven)*
- *Hoe laat de leraar merken dat hij de ideeën van leerlingen **serieus neemt**?*

- (Hoe) maakt de leraar duidelijk dat **het beste prototype niet bestaat**, en dat het **oké is om fouten te maken**?

Samenwerking

- Hoe begeleidt de leraar het **groepsproces** (bijv. rolverdeling, zorgen dat alle leerlingen actief betrokken zijn)
- Hoe begeleidt de leraar **discussies/overleg** tussen leerlingen?

Structuur

- Hoe zorgt de leraar voor **structuur** in het proces?
- Hoe stuurt/begeleidt de leraar de **timing/planning** van het proces (bijv. als leerlingen nog niet klaar zijn met een bepaald onderdeel)

Algemeen

- Is de **leraar zelf ook een maker**? Laat hij zelf zien hoe hij dingen doet en problemen oplost? Is dit op een voorbeeldige manier of maakt de leraar zelf ook fouten?
- **Wat valt op?** Bijv. lichaamshouding van de leraar

Bijlage C: Leraarvragenlijst leerdoelen W&T, voorafgaand aan eindinterview

Leerdoelen Maakonderwijs

Hieronder staat een lijst van mogelijke leerdoelen van Maakonderwijs. Denk je dat de leerlingen door het leerarrangement vooruit zijn gegaan op deze leerdoelen? Geef voor elk leerdoel aan **hoeveel van de leerlingen** volgens jou **op dit leerdoel vooruit zijn gegaan door het leerarrangement**. Je kunt daarbij kiezen uit ‘geen van de leerlingen’, ‘enkele leerlingen’, ‘ongeveer de helft van de leerlingen’, ‘de meeste leerlingen’, of ‘alle leerlingen’. Zet steeds een kruisje in de juiste kolom. In de laatste kolom kun je eventueel een toelichting toevoegen, dit is niet verplicht.

Hoeveel leerlingen zijn vooruitgegaan op het leerdoel ...	Hoeveel van de leerlingen denk je dat er door het leerarrangement Maakonderwijs vooruit zijn gegaan op dit leerdoel?					Evt. toelichting
	Geen leerlingen	Enkele leerlingen	Ongeveer de helft van de leerlingen	De meeste leerlingen	Alle leerlingen	
1. De leerling kan bronnen, informatie, ervaringen en meningen rond een probleem of idee verzamelen, ordenen en delen						
2. De leerling kan een probleem afbakenen tot een ontwerpvraag						
3. De leerling kan op basis van de verzamelde informatie een beargumenteerde keuze maken voor een of enkele uit te werken ontwerp vragen/onderzoeksvragen						
4. De leerling kan op basis van verzamelde informatie eisen en criteria opstellen waaraan een ontwerp moet voldoen						
5. De leerling kan ontwerpeisen uitwerken en verantwoorden op basis van activiteiten, experimenten en onderzoeken						
6. De leerling kan voor een ontwerp vraag verschillende oplossingen bedenken en op basis van de eisen komen tot een best passende oplossing						
7. De leerling kan de ontwerpoplossing uitwerken in een schets of (bouw-)tekening						

	Hoeveel van de leerlingen denk je dat er door het leerarrangement Maakonderwijs vooruit zijn gegaan op dit leerdoel?					Evt. toelichting
	Geen leerlingen	Enkele leerlingen	Ongeveer de helft van de leerlingen	De meeste leerlingen	Alle leerlingen	
Hoeveel leerlingen zijn vooruitgegaan op het leerdoel ...						
8. De leerling kan geschikte materialen en gereedschap verzamelen						
9. De leerling kan het ontwerp planmatig uitwerken en een prototype maken						
10. De leerling kan experimenteren met onderdelen, materialen en deelontwerpen, om erachter te komen wat het beste werkt						
11. De leerling kan het gemaakte prototype testen en evalueren						
12. De leerling kan hypothesen opstellen over wat er gebeurt bij het uittesten van een prototype						
13. De leerling kan mondeling en schriftelijk verslag doen van de testresultaten						
14. De leerling kan op basis van de testresultaten verbeteringen voorstellen en/of doorvoeren						
15. De leerling kan het ontwerpproces en de werking van het prototype toelichten						
16. De leerling kan n.a.v. het ontwerpproces de ontwerpvraag en de oplossing verbreden en verdiepen naar andere contexten en vervolgvragen						

Bijlage D: Items wekelijkse leerlingvragenlijst

Nr	Item	Antwoordcategorieën
1	Ik vond het leuk	<i>niet leuk – een beetje leuk – leuk – heel leuk</i>
2	Ik heb nieuwe informatie verzameld	<i>niet – een beetje – veel – heel veel</i>
3	Ik heb nieuwe ideeën bedacht	<i>niet – een beetje – veel – heel veel</i>
4	Ik ben bezig geweest met iets maken	<i>niet – een beetje – veel – heel veel</i>
5	Wat heb je gemaakt?	- (open vraag)
6	Ik heb nieuwe dingen geleerd	<i>niet – een beetje – veel – heel veel</i>
7	Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet	<i>ja – nee</i>
8	Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt	<i>ja – nee</i>
9	Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt	<i>ja – nee</i>
10	Ik heb keuzes gemaakt	<i>niet – een beetje – veel – heel veel</i>
11	Ik heb doorgezet	<i>niet doorgezet – een beetje doorgezet – veel doorgezet – heel veel doorgezet</i>
12	Ik heb samengewerkt	<i>niet samengewerkt – een beetje samengewerkt – veel samengewerkt – heel veel samengewerkt</i>
13	Ik heb andere leerlingen geholpen	<i>niet – soms – vaak – heel vaak</i>
14	Andere leerlingen hebben mij geholpen	<i>niet – soms – vaak – heel vaak</i>
15	Ik heb hulp gevraagd bij de leraar	<i>niet – soms – vaak – heel vaak</i>
16	Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij	<i>ja – nee</i>

LEERARRANGEMENT^a

^aHier werd per school de naam van het betreffende leerarrangement ingevuld.

Voorbeeld van de grafische weergave van deze items voor het leerarrangement “Maak een satelliet”:


Deze week bij Maak een satelliet ...


Denk bij elke vraag aan wat je deze week bij het project Maak een satelliet hebt gedaan.
Klik op de knop 'verder' om door te gaan naar de vragen

Powered by 

< TERUG
6%
VERDER >

 Deze week bij Maak een satelliet ... 

Ik vond het leuk



Powered by **MWM²**

< **TERUG** 0% **VERDER** >

 Deze week bij Maak een satelliet ... 

Ik heb nieuwe informatie verzameld



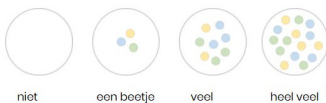
niet oen bootje veel heel veel

Powered by **MWM²**

< **TERUG** 18% **VERDER** >

 Deze week bij Maak een satelliet ... 

Ik heb nieuwe ideeën bedacht



niet oen bootje veel heel veel

Powered by **MWM²**

< **TERUG** 25% **VERDER** >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Ik ben bezig geweest met iets maken



niet



een beetje



veel



heel veel

Powered by **MWM²**

< TERUG

31%

VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Wat heb je gemaakt?



*Om verder te gaan dienen de verplichte velden (waarbij * staat) te worden ingevuld.*

Powered by **MWM²**

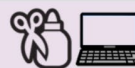
< TERUG

37%

VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Ik heb nieuwe dingen geleerd



niet



een beetje



veel



heel veel

Powered by **MWM²**

< TERUG

43%

VERDER >

 Deze week bij Maak een satelliet ... 


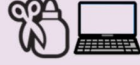
Wat heb je deze week bij het project Maak een satelliet gedaan?



	ja	nee
Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Powered by **MWM²**

< TERUG 50% VERDER >

 Deze week bij Maak een satelliet ... 

Ik heb keuzes gemaakt



Powered by **MWM²**

< TERUG 56% VERDER >

 Deze week bij Maak een satelliet ... 

Ik heb doorgezet



Powered by **MWM²**

< TERUG 62% VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Ik heb samengewerkt



Powered by **MWM²**

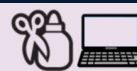
< TERUG

68%

VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Ik heb andere leerlingen geholpen



niet



soms



vaak



heel vaak

Powered by **MWM²**

< TERUG

75%

VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Andere leerlingen hebben mij geholpen



niet



soms



vaak



heel vaak

Powered by **MWM²**

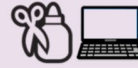
< TERUG

81%

VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Ik heb hulp gevraagd bij de leraar



niet



soms



vaak



heel vaak

Powered by **MWM²**

< TERUG

87%

VERDER >



Deze week bij Maak een satelliet ...



Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij het project Maak een satelliet



ja nee

Powered by **MWM²**

< TERUG

93%

VERDER >

Bijlage E: Algemene interviewleidraad voor eindinterview cyclus 1

Evaluatie leerarrangement algemeen

- Hoe heb je het leerarrangement ervaren?
- Wat ging er goed? Wat ging minder goed?
- Wat ging anders dan je had gedacht?
- Wat zou je een volgende keer anders aanpakken?

Benodigde competenties

- Wat vond je moeilijk?
- Wat moet je als leraar kunnen om dit leerarrangement op een goede manier te kunnen uitvoeren?
- Wat zou je zelf nog willen leren om nog beter Maakonderwijs-projecten te kunnen uitvoeren in je klas?

Balans tussen sturing en vrij laten

- Bij Maakonderwijs kan het lastig zijn een goede balans te vinden tussen sturing geven en leerlingen vrij laten. Hoe was die balans in dit leerarrangement?
- Waren er momenten waarop je het idee had dat je leerlingen **te veel sturing gaf**? Wat waren dat voor momenten? Hoe zou je het een volgende keer anders doen?
- Waren er momenten waarop je het idee had dat je leerlingen **te veel vrij liet**? Wat waren dat voor momenten? Hoe zou je het een volgende keer anders doen?
- Begeleiden/sturen samenwerking

Per onderdeel van het leerarrangement

- Per leerdoel:
 - Wat hebben de leerlingen hierin gedaan en geleerd?
 - Waaraan heb je gezien dat leerlingen vooruit zijn gegaan op dit leerdoel?
- Hoe verliepen deze lessen?
- Hoe begeleidde je de leerlingen?
- Waren er dingen die anders liepen dan gepland of anders dan verwacht?
- Wat werkte goed qua werkvormen en begeleiding? Wat werkte minder goed?
- Wat zou je een volgende keer anders aanpakken?

Bijlage F: Voorbeeld herontwerpformulier

Keuzes en aanpassingen voor de tweede versie van het leerarrangement Inclusieve Speelplaats

1. Aandachtspunten vanuit het onderzoek

Hieronder staat een aantal aandachtspunten waaraan gedacht kan worden bij het maken van keuzes voor het aanpassen van het leerarrangement. Deze aandachtspunten zijn gebaseerd op de observaties en interviews bij de eerste versie van het leerarrangement. Sommige van de aanpassingen zijn door de leerkracht zelf voorgesteld tijdens de interviews, andere zijn suggesties van de onderzoekers.

De aandachtspunten dienen als input voor het aanpassen van het leerarrangement. De leerkracht bepaalt zelf (in overleg met mediamentor en/of lerarenopleider) welke punten hij wel en niet in het leerarrangement wil opnemen.

Geef hieronder bij elk punt aan of je naar aanleiding van die punt iets hebt aangepast in het leerarrangement, en zo ja, beschrijf dan wat je hebt aangepast.

<i>Aandachtspunt</i>	<i>Heb je hierin iets aangepast in het leerarrangement? Ja/nee</i>	<i>Indien ja, beschrijf wat je hebt aangepast</i>
Starten met een probleem? <i>Als je in Maakonderwijs start vanuit een probleem, kan later worden geëvalueerd of het ontwerp en het prototype een oplossing bieden voor dit probleem.</i>		
Leerlingen zelf een probleemstelling laten kiezen/opstellen? (binnen het thema) <i>Dit helpt leerlingen om het probleem af te bakenen. Vanuit een brede startvraag kunnen verschillende groepjes met verschillende (sub)problemen aan de slag. Ook helpt dit om bij de leerlingen het eigenaarschap voor het probleem te verhogen.</i>		
Vooraf uitleg geven over hoe je informatie zoekt op internet?		
Peerfeedback- of vragenronde toevoegen tijdens ontwerpfase? <i>Ronde waarin leerlingen de ontwerpen van de andere groepjes bekijken en daar kritische vragen over stellen. Dit zorgt voor een nieuwe invalshoek, waarna de ontwerpen kunnen worden verbeterd.</i>		
Leerlingen stimuleren om te denken aan meer interactieve/hightech ideeën? <i>Dit stimuleert vernieuwende ideeën en het gebruik van meer geavanceerde (ict-) technieken.</i>		
Gebruik van ict in het ontwerp verplicht stellen? <i>Dit kan bijdragen aan het komen tot een vernieuwend ontwerp en een werkend prototype.</i>		

<p>Leerlingen concrete ontwerpeisen/criteria laten opstellen? <i>Hiermee laat je leerlingen meer nadenken over waar het product aan moet voldoen (om een oplossing te bieden voor het probleem). Ook geeft dit aanknopingspunten voor de reflectie op het ontwerp/prototype.</i></p>		
<p>Vooraf (of tijdens het maken) workshops geven over maaktechnieken? <i>Bijv. over snijden met mes, werken met lijmpistool. Als dit klassikaal behandeld wordt, hoeven de leerlingen hier minder individueel in begeleid te worden. Met zo'n workshop kun je leerlingen ook kennis laten maken met nieuwe technieken, zodat ze meer weten over wat er mogelijk is.</i></p>		
<p>Peerfeedback- of vragenronde toevoegen tijdens maakfase? <i>Als leerlingen elkaar feedback geven of elkaar vragen stellen over het prototype, kan deze input daarna gebruikt worden voor een verbeteringslag van het prototype.</i></p>		
<p>Leerlingen een werkend prototype laten maken? <i>Dit biedt de mogelijkheid om het prototype te testen en bij te stellen en stimuleert leerlingen verder te denken over wat werkt. Het kan hierbij ook gaan om een werkend onderdeel van het prototype, als een geheel werkend prototype niet haalbaar is.</i></p>		
<p>Tentoonstelling voor de ouders organiseren? <i>Dan kunnen de leerlingen nog meer hun trots uiten over wat ze gemaakt hebben.</i></p>		

2. W&T-leerdoelen

Hieronder vind je de lijst van W&T-leerdoelen die bij Maakonderwijs een rol zouden kunnen spelen. Kijk nog eens naar deze leerdoelen. Zijn er leerdoelen waar je in je leerarrangement meer aandacht aan wilt besteden? Als je meer aandacht aan het leerdoel wilt besteden, beschrijf dan in de rechterkolom wat je aanpast in je leerarrangement wat betreft dit leerdoel. Let op: Het is niet nodig dat alle leerdoelen terugkomen in het leerarrangement (maar dit mag wel). Het is belangrijk dat de leerdoelen die aan bod komen passen binnen het Maakonderwijs, niet dat het Maakonderwijs aangepast wordt op de leerdoelen.

<i>W&T-Leerdoel</i> <i>De leerling kan</i>	<i>Heb je in het leerarrangement iets aangepast wat betreft dit leerdoel? Zo ja, beschrijf je aanpassing.</i>
1. bronnen, informatie, ervaringen en meningen rond een probleem of idee verzamelen, ordenen en delen	
2. een probleem afbakenen tot een ontwerpvraag	
3. op basis van de verzamelde informatie een beargumenteerde keuze maken voor een of enkele uit te werken ontwerp vragen/onderzoeksvragen	
4. op basis van verzamelde informatie eisen en criteria opstellen waaraan een ontwerp moet voldoen	
5. ontwerpeisen uitwerken en verantwoorden op basis van activiteiten, experimenten en onderzoeken	
6. voor een ontwerp vraag verschillende oplossingen bedenken en op basis van de eisen komen tot een best passende oplossing	
7. de ontwerp oplossing uitwerken in een schets of (bouw-)tekening	
8. geschikte materialen en gereedschap verzamelen	
9. het ontwerp planmatig uitwerken en een prototype maken	
10. experimenteren met onderdelen, materialen en deelontwerpen, om erachter te komen wat het beste werkt	
11. het gemaakte prototype testen en evalueren	
12. hypothesen opstellen over wat er gebeurt bij het uittesten van een prototype	
13. mondeling en schriftelijk verslag doen van de testresultaten	
14. op basis van de testresultaten verbeteringen voorstellen en/of doorvoeren	
15. het ontwerpproces en de werking van het prototype toelichten	
16. n.a.v. het ontwerpproces de ontwerp vraag en de oplossing verbreden en verdiepen naar andere contexten en vervolgvragen	

3. Leerkrachthandelingen

Uit het onderzoek komen een aantal dilemma's naar voren wat betreft de manier waarop je leerlingen kunt begeleiden tijdens het leerarrangement. Denk nog eens na over de onderstaande dilemma's en bespreek ze met de mediamentor en/of lerarenopleider. Bedenk hoe je hier bij de uitvoering van je leerarrangement mee wilt omgaan. Noteer in het vak hieronder waar je bij het uitvoeren van het leerarrangement op gaat letten bij het begeleiden van de leerlingen.

1. Het denken stimuleren: wat voor verdiepvragen kun je stellen om leerlingen verder te laten denken, zonder teveel te sturen? Wanneer stel je wat voor vragen?
Suggestie: lees deze kwaliteitskaart vanaf "Stimuleren van denken en redeneren van leerlingen" (vanaf p. 2)
https://www.uu.nl/sites/default/files/saz_excellentiebevordering_door_middel_van_onderzoekend_en_ontwerpend_leren1.pdf
2. Vrij laten vs. sturen: wanneer laat je leerlingen het zelf uitzoeken, wanneer geef je suggesties of stel je sturende vragen? Wat doe je bijvoorbeeld als een leerling iets doet wat niet zo goed lukt/werkt? Laat je de leerling zelf ontdekken dat het niet werkt? Wanneer grijp je in? En stuur je leerlingen bij het maken van keuzes (bijv. welk idee ze gaan uitwerken)?
3. 'Alles is mogelijk' versus 'het moet wel haalbaar zijn': Wanneer laat je leerlingen volledig vrij denken, wanneer ga je het inperken? En wat zijn de voor- en nadelen van deze twee werkwijzen?
Suggestie: lees deze artikelen over divergent (out of the box) denken met kinderen om daarna te convergeren naar een haalbare oplossing:
<https://www.vernieuwenderwijs.nl/divergent-denken-zo-maak-je-leerlingen-creatiever/>
<https://www.vernieuwenderwijs.nl/convergent-denken-kiezen-beste-optie/>

<i>Waar ga je op letten bij het begeleiden van de leerlingen tijdens dit leerarrangement?</i>

4. Overige aanpassingen

Welke aanpassingen heb je nog meer gedaan in het leerarrangement die je nog niet hierboven hebt beschreven? Beschrijf deze in onderstaande tabel. Het kan hier ook gaan om praktische keuzes die zijn gemaakt, bijvoorbeeld: het aanpassen van het onderwerp omdat het arrangement wordt uitgevoerd in een andere groep of het aanpassen van de tijdsplanning.

<i>Beschrijf wat je hebt aangepast</i>	<i>Waarom heb je deze aanpassing gemaakt?</i>

Bijlage G: Leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen

Tabel G.1. *Stellingen en open vragen uit de leerlingvragenlijst W&T-leerdoelen, geordend per leerdoel uit de W&T-leerdoelenlijst.*

W&T-leerdoel

1. De leerling kan bronnen, informatie, ervaringen en meningen rond een probleem of idee verzamelen, ordenen en delen
2. De leerling kan een probleem afbakenen tot een ontwerpvraag
3. De leerling kan op basis van de verzamelde informatie een beargumenteerde keuze maken voor een of enkele uit te werken ontwerp vragen/onderzoeksvragen
4. De leerling kan op basis van verzamelde informatie eisen en criteria opstellen waaraan een ontwerp moet voldoen
5. De leerling kan ontwerpeisen uitwerken en verantwoorden op basis van activiteiten, experimenten en onderzoeken
6. De leerling kan voor een ontwerp vraag verschillende oplossingen bedenken en op basis van de eisen komen tot een best passende oplossing
7. De leerling kan de ontwerp oplossing uitwerken in een schets of (bouw-)tekening
8. De leerling kan geschikte materialen en gereedschap verzamelen
9. De leerling kan het ontwerp planmatig uitwerken en een prototype maken
10. De leerling kan experimenteren met onderdelen, materialen en deelontwerpen, om erachter te komen wat het beste werkt
11. De leerling kan het gemaakte prototype testen en evalueren
12. De leerling kan hypotheses opstellen over wat er gebeurt bij het uittesten van een prototype
13. De leerling kan mondeling en schriftelijk verslag doen van de testresultaten
14. De leerling kan op basis van de testresultaten verbeteringen voorstellen en/of doorvoeren
15. De leerling kan het ontwerp proces en de werking van het prototype toelichten
16. De leerling kan n.a.v. het ontwerp proces de ontwerp vraag en de oplossing verbreden en verdiepen naar andere contexten en vervolgvragen

Stellingen (en open vragen) in de vragenlijst

- 1a. Ik heb nieuwe informatie verzameld
- *Wat voor informatie heb je verzameld?*
- 1b. Ik heb bedacht welke informatie bij elkaar past
- 2a. Ik heb bedacht aan welk onderwerp ik wilde werken
- *Welk onderwerp heb je gekozen om aan te werken?*
- 3a. Ik heb bedacht waarom ik aan een bepaald onderwerp wilde werken
- 4a. Ik heb bedacht waar het prototype aan moest voldoen
- 4b. Ik heb nagedacht over hoe het prototype eruit moest zien
- 5a. Ik heb informatie opgezocht om te weten waar het prototype aan moest voldoen
- 6a. Ik heb ideeën bedacht
- *Wat voor ideeën heb je bedacht?*
- 6b. Ik heb nagedacht over welk idee het beste is
- 6c. Ik heb uitgelegd waarom we voor een bepaald idee hebben gekozen
- 7a. Ik heb gewerkt aan een ontwerp tekening van het prototype
- 7b. Ik heb in de ontwerp tekening aangegeven wat wat is
- 7c. Ik heb in de ontwerp tekening aangegeven hoe groot de onderdelen moesten zijn
- 8a. Ik heb bedacht welke materialen en gereedschappen nodig waren om het prototype te maken
- 9a. Ik heb nagedacht over wat er allemaal gedaan moest worden om het prototype te maken
- 9b. Ik ben bezig geweest met het maken van het prototype
- *Wat voor prototype heb je gemaakt?*
- 9c. Ik heb gekeken of het prototype klopt met de ontwerp tekening
- 10a. Ik heb uitgeprobeerd welke materialen en gereedschappen we het beste konden gebruiken
- 11a. Ik heb uitgeprobeerd of het prototype werkte
- 12a. Voordat ik het prototype ging uitproberen, heb ik bedacht wat er zou kunnen gebeuren
-
- 14a. Ik heb zelf ontdekt wat we aan het prototype konden verbeteren
- 14b. Ik heb het prototype aangepast zodat het beter werkt
- *Wat heb je aangepast aan het prototype?*
- 15a. Ik heb uitgelegd hoe we tot het prototype zijn gekomen
- 15b. Ik heb opgeschreven wat we hebben gedaan tijdens het project
- 15c. Ik heb uitgelegd hoe het prototype werkt
- 15d. Ik heb uitgelegd waar je het prototype voor kan gebruiken
- 15e. Ik heb uitgelegd waarom we het prototype zo hebben gemaakt
- 16a. Ik heb nagedacht over hoe het prototype nog beter kan worden gemaakt
- 16b. Ik heb nagedacht over verschillende manieren waarop het prototype kan worden gebruikt
- 16c. Ik heb nagedacht over wat ik nog meer zou willen weten over het onderwerp
- *Wat wil je nog meer weten over het onderwerp?*

Noot: Bij de stellingen werd gebruik gemaakt van een vierpuntsschaal met de antwoordopties *niet, een beetje, veel en heel veel.*

Bijlage H: Algemene interviewleidraad voor eindinterview cyclus 2

Dit interview bestaat uit twee delen. Het eerste uur evalueren we het leerarrangement. Daarna hebben we nog een half uur uitgetrokken voor het evalueren van het project, om op te halen welke activiteiten en begeleiding de leraren als waardevol hebben ervaren en hoe deze hebben bijgedragen aan hun professionalisering op het gebied van Maakonderwijs.

Deel 1 – evaluatie leerarrangement cyclus 2

Evaluatie leerarrangement algemeen

- Hoe heb je het leerarrangement ervaren?
- Wat ging er anders dan bij het eerste leerarrangement? Waar kwam dat door?
- Hoe pakten de aanpassingen uit t.o.v. het vorige leerarrangement? (vragen naar specifieke aanpassingen volgens begininterview)
- Wat ging er goed? Wat ging er minder goed?
- Wat ging er anders dan gedacht?
- Wat zou je een volgende keer anders aanpakken?

Benodigde competenties

- Wat vond je moeilijk?
- Wat moet je als leraar kunnen om dit leerarrangement op een goede manier te kunnen uitvoeren?
- Wat zou je zelf nog willen leren om nog beter Maakonderwijs-projecten te kunnen uitvoeren in je klas?

Balans tussen sturing en vrij laten

- Bij Maakonderwijs kan het lastig zijn een goede balans te vinden tussen sturing geven en leerlingen vrij laten. Hoe was die balans in dit leerarrangement? Is daarin iets veranderd t.o.v. van eerste leerarrangement?
- Waren er momenten waarop je het idee had dat je leerlingen **te veel sturing gaf**? Wat waren dat voor momenten? Hoe zou je het een volgende keer anders doen?
- Waren er momenten waarop je het idee had dat je leerlingen **te veel vrij liet**? Wat waren dat voor momenten? Hoe zou je het een volgende keer anders doen?
- Evt. Wat viel je op in de vragen die leerlingen aan je stelden tijdens het leerarrangement? Begeleiden/sturen samenwerking

Per fase

- Leerdoelen bespreken per fase (een of meerdere lessen, indelen naar fase/onderwerp)
 - Wat hebben de leerlingen hierin gedaan en geleerd?
 - Waaraan heb je gezien dat leerlingen vooruit zijn gegaan op dit leerdoel?
- Hoe verliepen de lessen van deze fase?
- Wat ging er anders dan bij het vorige leerarrangement. Doorvragen, bijv. hoe kwam dat, hoe pakte dat uit, ...?
- Waren er dingen die anders liepen dan gepland of anders dan verwacht?
- Wat heb je qua begeleiding van de leerlingen anders gedaan dan bij het eerste leerarrangement? Hoe pakte dat uit?
 - Faciliteren denkproces
 - Stimuleren creatief denken

- Begeleiding maken van keuzes
- Begeleiding bij groepsproces (discussie, afstemming, afspraken maken)
- Vragen stellen aan leerlingen, bijv. ‘wat ben je aan het doen?’, ‘wat heb je bedacht/getekend’, ‘hoe werkt het?’ Leerling dit laten vertellen, dan neutraal reageren met ‘oké’
- Samenvatten of herhalen wat een leerling heeft verteld
- Doorvragen of aangeven waar leerlingen nog meer aan kunnen denken, bijv.
- Wat zou je een volgende keer anders aanpakken?

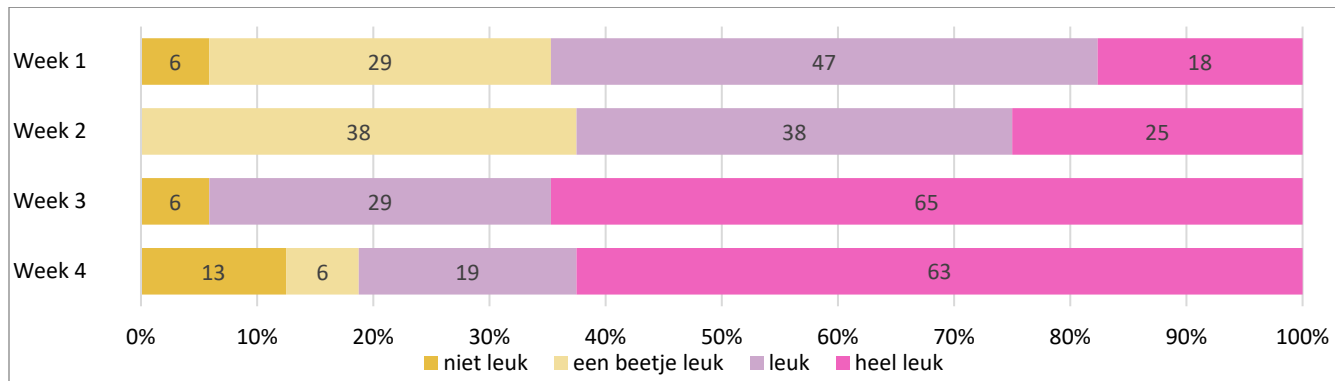
Deel 2 – Evaluatie onderzoeksproject en professionalisering

- Hoe heb je het hele project ervaren?
- Hoe heb je de bijeenkomsten ervaren?
- Hoe heb je de begeleiding door de mediamentor/ lerarenopleider ervaren?
- Hoe heb je de interviews ervaren?
- Welke activiteiten of vormen van begeleiding heb je als het meest waardevol ervaren?
- Lijstje met ondernomen activiteiten voorleggen, hoe heb je deze ervaren? Wat heb je eruit gehaald/ van geleerd?
 - leraren daaraan deelgenomen?)
 - Bestuderen literatuur (hebben de leraren dit gedaan of zijn zij hierin meegenomen?)
 - Werksessie why Maakonderwijs (visie formuleren; post-its zinnen afmaken: “iXperium Maakonderwijs is gericht op...”, “Ik vind dat kinderen in Maakonderwijs...”, “iXperium Maakonderwijs leidt tot...”).
 - Cardsort leerdoelen
 - Crash course design thinking (aanloop naar ontwerpeisen)
 - Ordenen en aanvullen ontwerpeisen m.b.v. curriculaire spinnenweb SLO
 - Workshop microbit
 - Sessie om samen leerarrangementen te ontwerpen (PowerPointformat als leidraad)
- Wat had je nog meer gewild/ heb je gemist?
- Wat zijn volgens jou goede manieren om leraren te ondersteunen bij het ontwerpen en uitvoeren van leerarrangementen Maakonderwijs? Doorvragen o.b.v. ideeën in professionaliseringsplan:
 - Bezoeken verschillende maaklocaties (voortraject naar dit project toe, hebben alle Lijstje met aspecten om aandacht aan te besteden volgens professionaliseringsplan:
 - Theoretische inbedding: Aan welke theoretische inbedding heb je behoefte gehad? Hoe kwam dit terug tijdens het project? Wat heb je hierin gemist? Welke activiteiten/werkvormen droegen hieraan bij?
 - Vaardighedentraining: Aan training van welke vaardigheden heb je behoefte? (Maakvaardigheden en didactische vaardigheden, bijvoorbeeld creatief denken stimuleren of vragen stellen) Welke begeleiding en/of training heb je hierin ervaren tijdens het project? Wat heb je hieruit gehaald? Welke werkvormen droegen hieraan bij? Zou je iets liever anders hebben gehad?
 - Samen leerarrangementen ontwerpen
 - Reflecteren op het proces
 - Intervisie/feedback

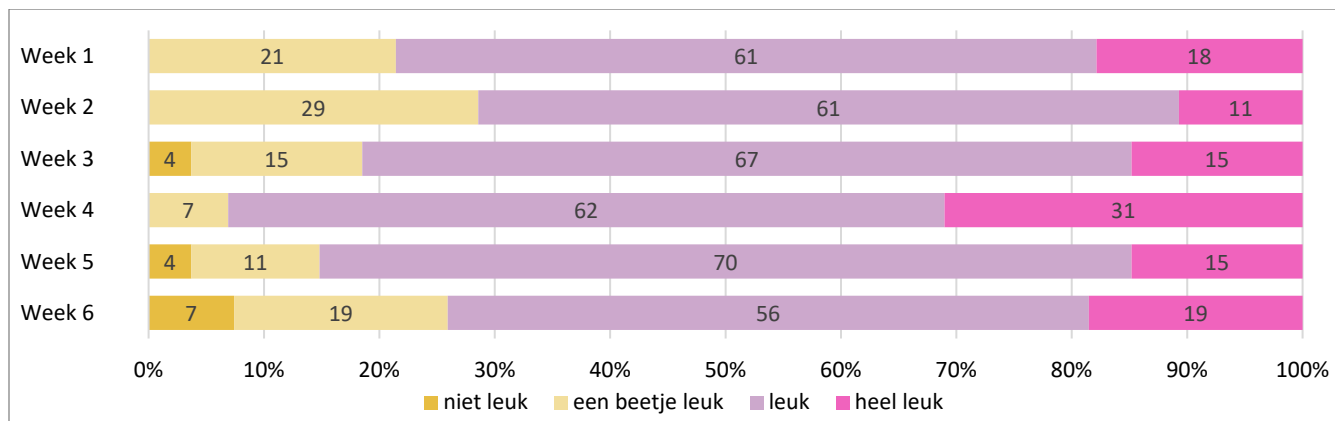
Bijlage I Overzicht resultaten wekelijkse leerlingvragenlijst cyclus 2

Hieronder is een overzicht opgenomen van de verdeling van de antwoorden van de leerlingen op de verschillende vragen van de wekelijkse vragenlijst. De antwoorden worden per leerarrangement gegeven.

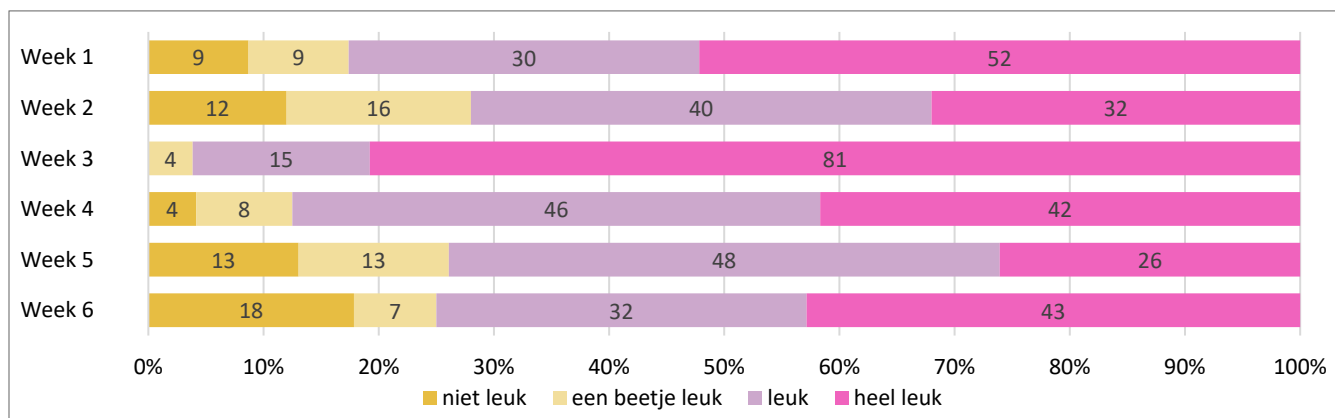
Ik vond het leuk



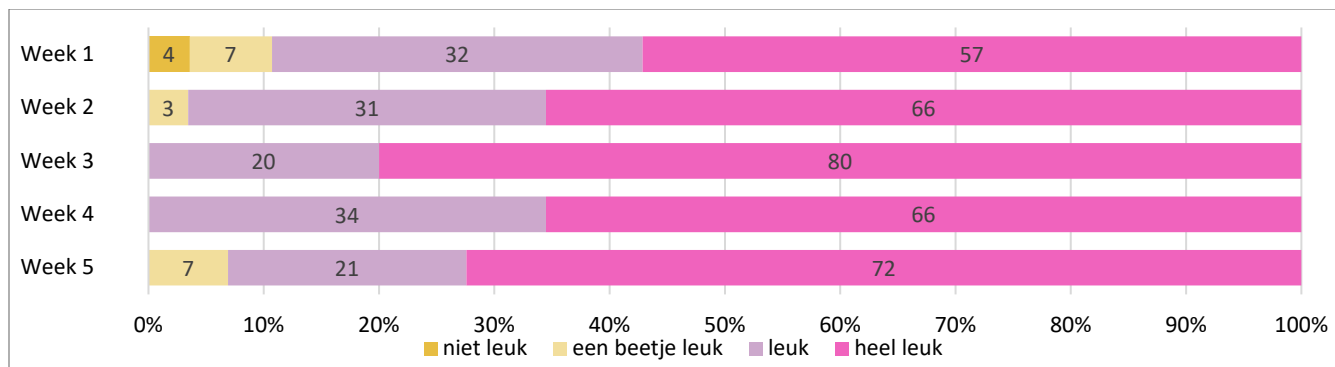
Figuur 27 Ik vond het leuk - Leerarrangement Satellieten



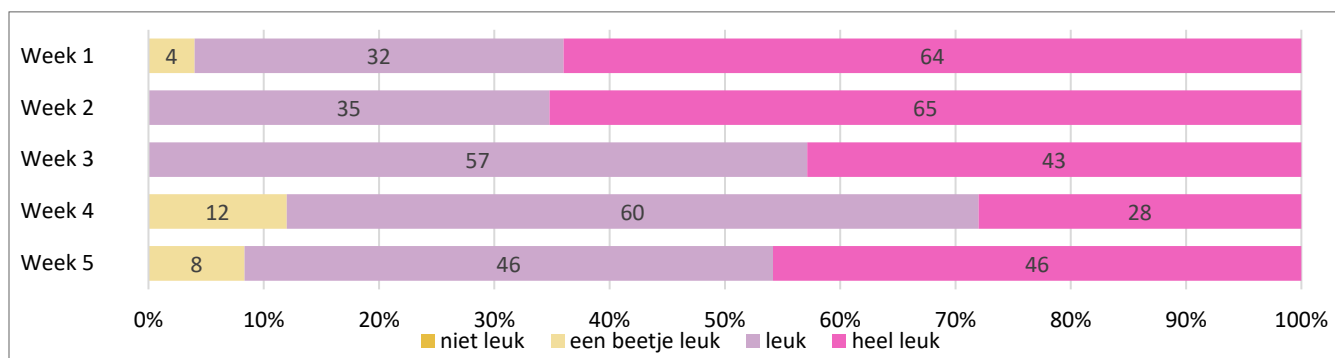
Figuur 28 Ik vond het leuk - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 29 Ik vond het leuk - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

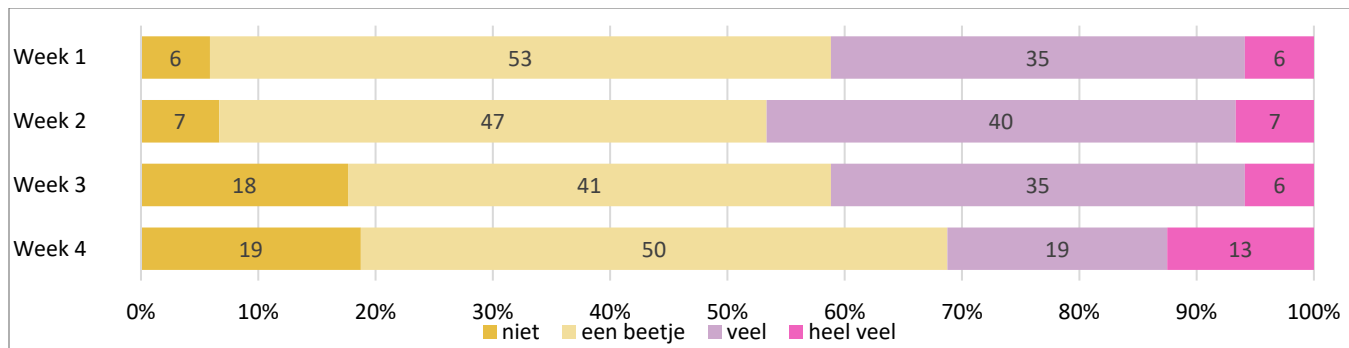


Figuur 30 Ik vond het leuk - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

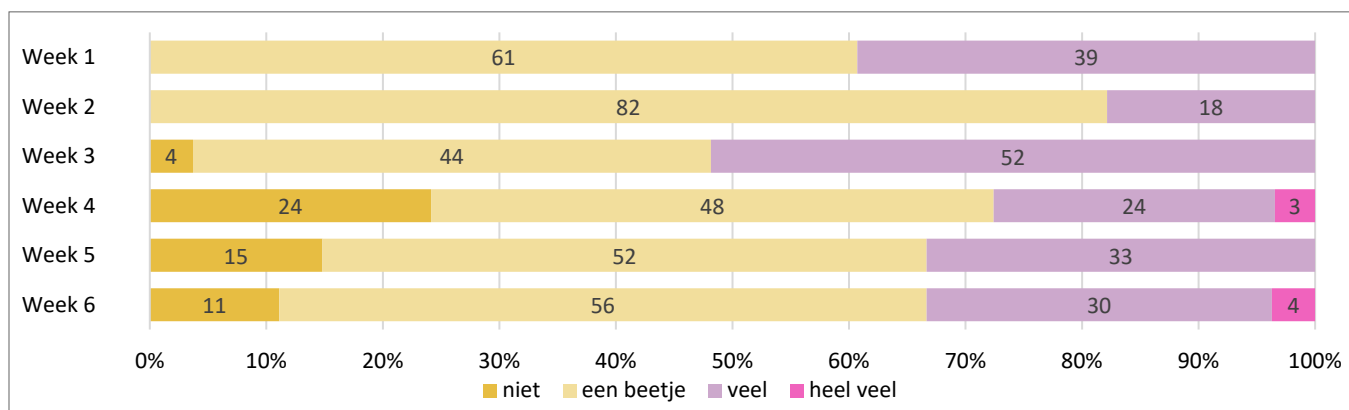


Figuur 31 Ik vond het leuk - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

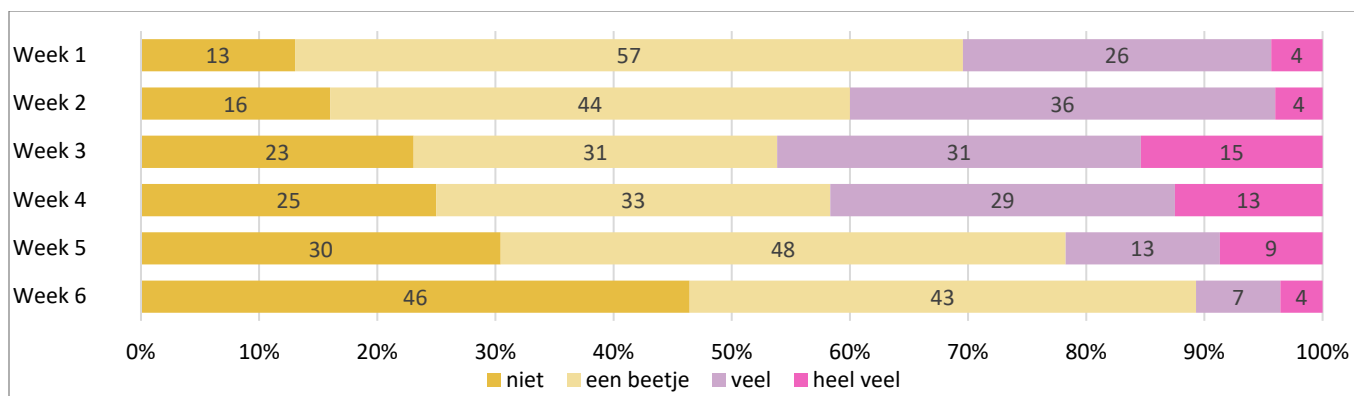
Ik heb nieuwe informatie verzameld



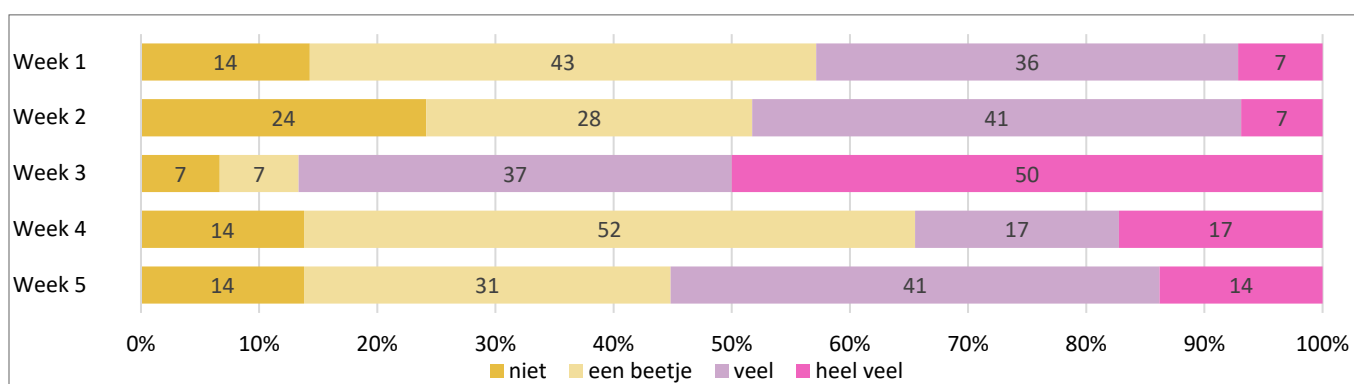
Figuur 32 Ik heb nieuwe informatie verzameld - Leerarrangement Satellieten



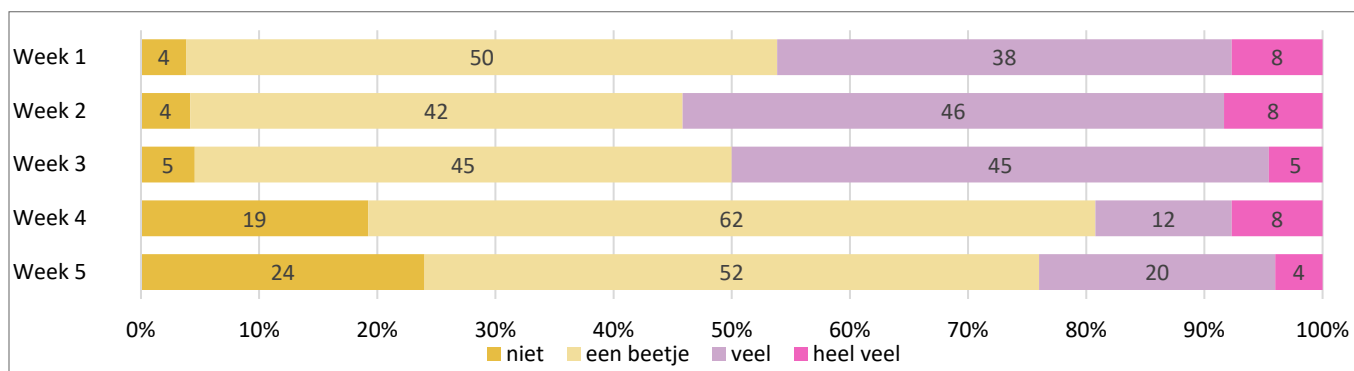
Figuur 33 Ik heb nieuwe informatie verzameld - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 34 Ik heb nieuwe informatie verzameld - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

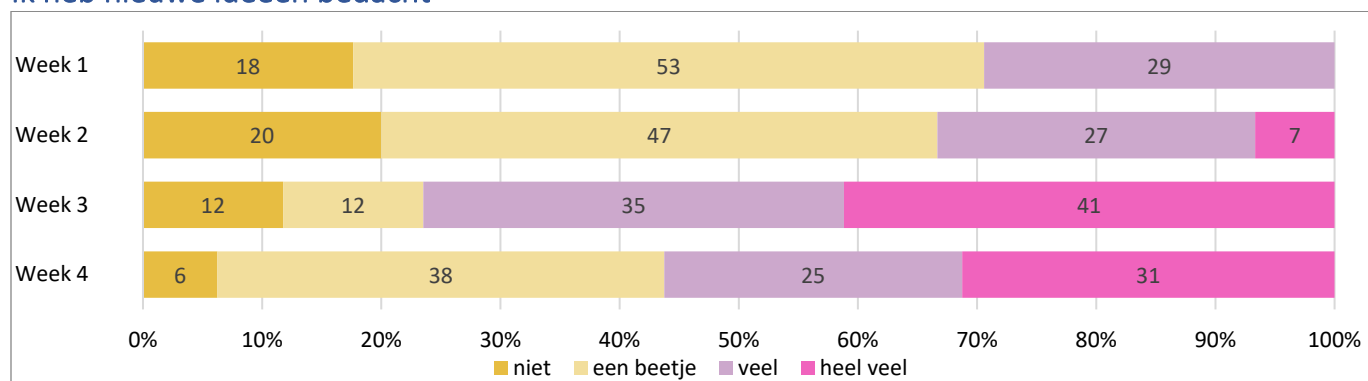


Figuur 35 Ik heb nieuwe informatie verzameld - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

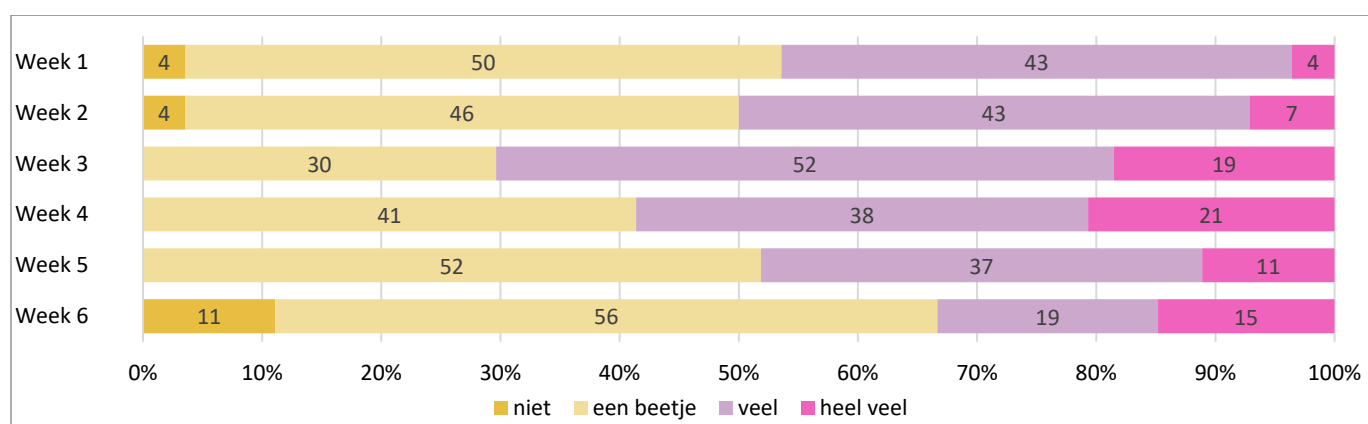


Figuur 36 Ik heb nieuwe informatie verzameld - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

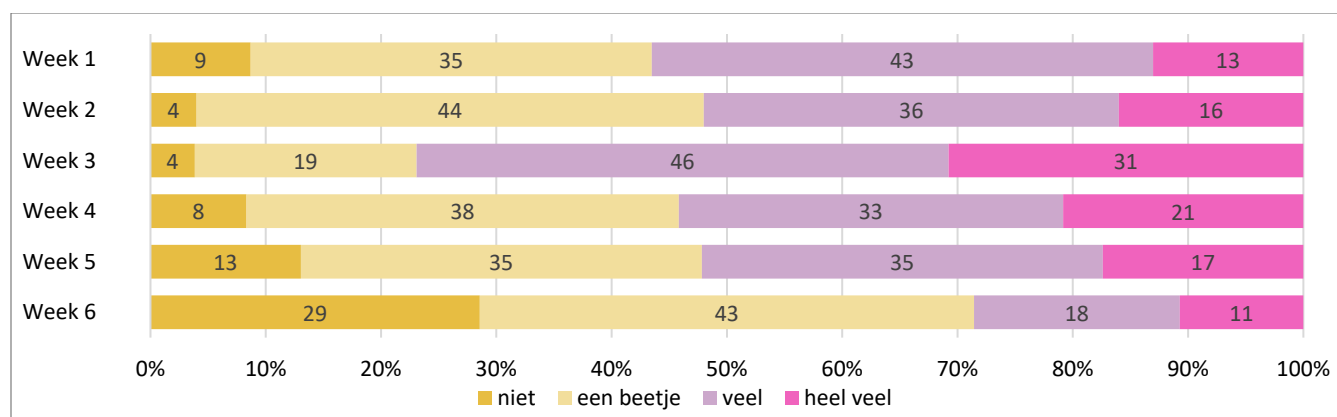
Ik heb nieuwe ideeën bedacht



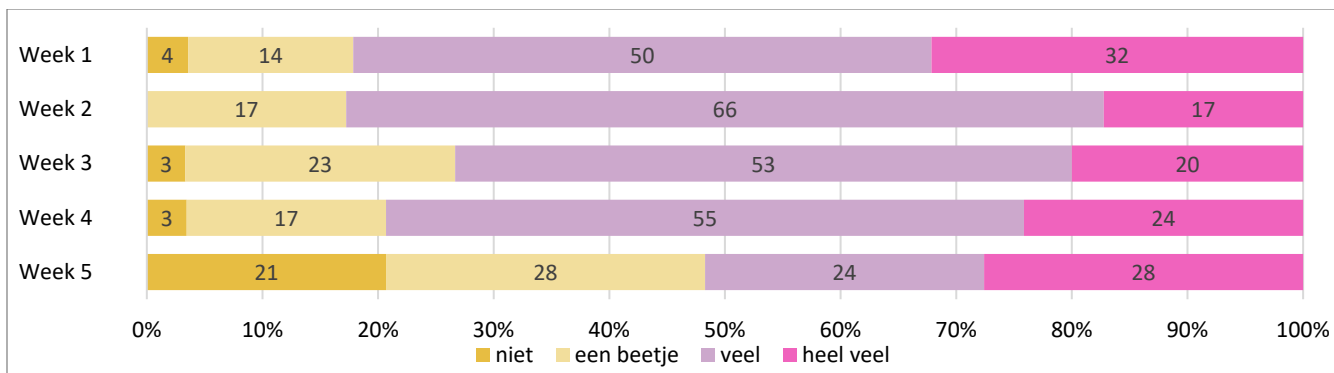
Figuur 37 Ik heb nieuwe ideeën bedacht - Leerarrangement Satellieten



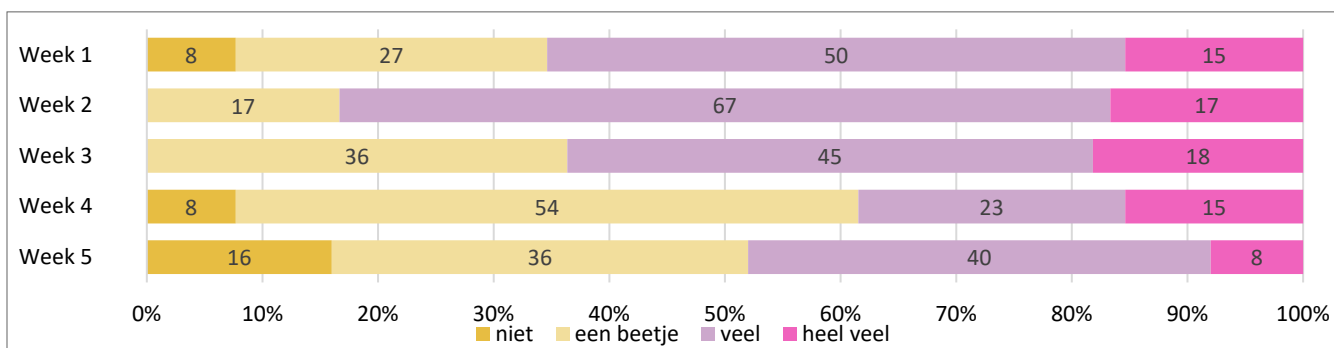
Figuur 38 Ik heb nieuwe ideeën bedacht - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 39 Ik heb nieuwe ideeën bedacht - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

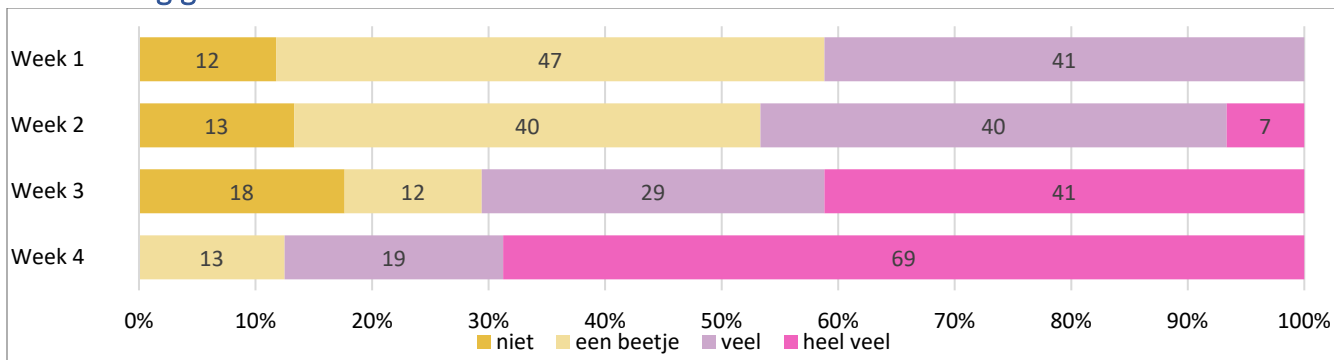


Figuur 40 Ik heb nieuwe ideeën bedacht - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

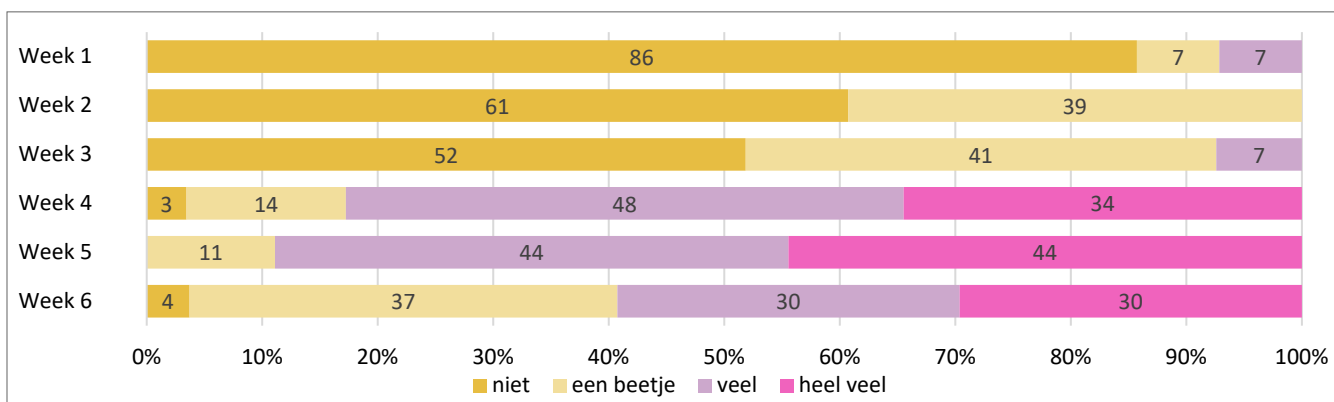


Figuur 41 Ik heb nieuwe ideeën bedacht - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

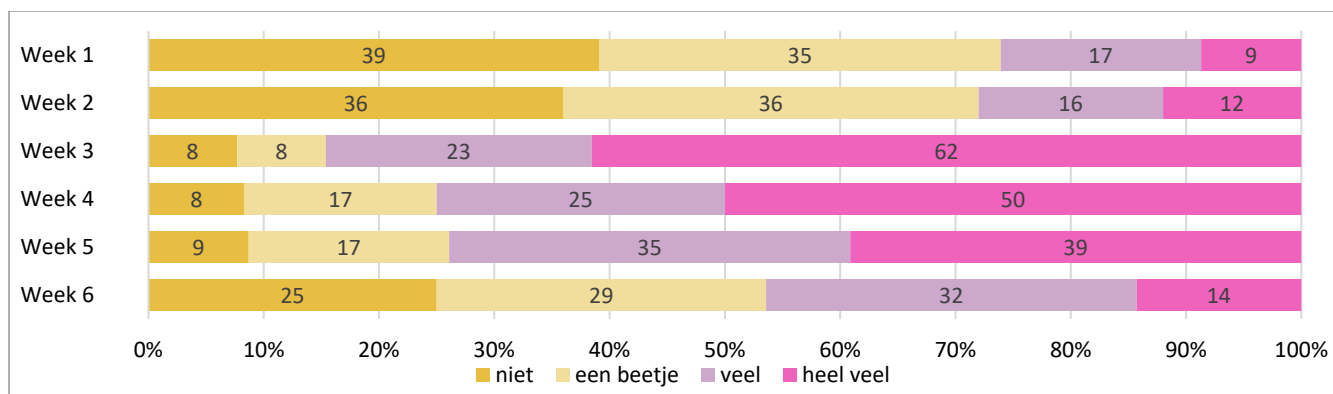
Ik ben bezig geweest met iets maken



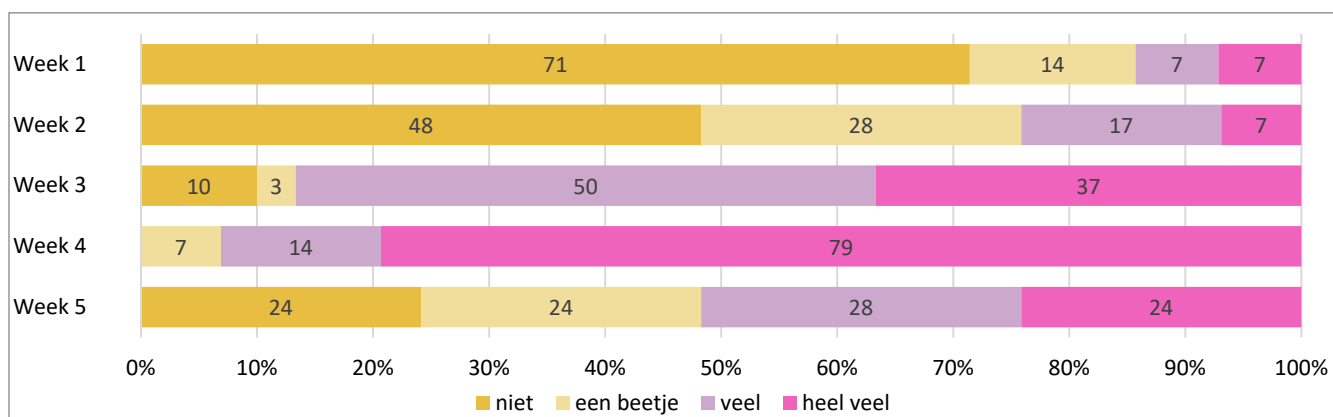
Figuur 42 Ik ben bezig geweest met iets maken - Leerarrangement Satellieten



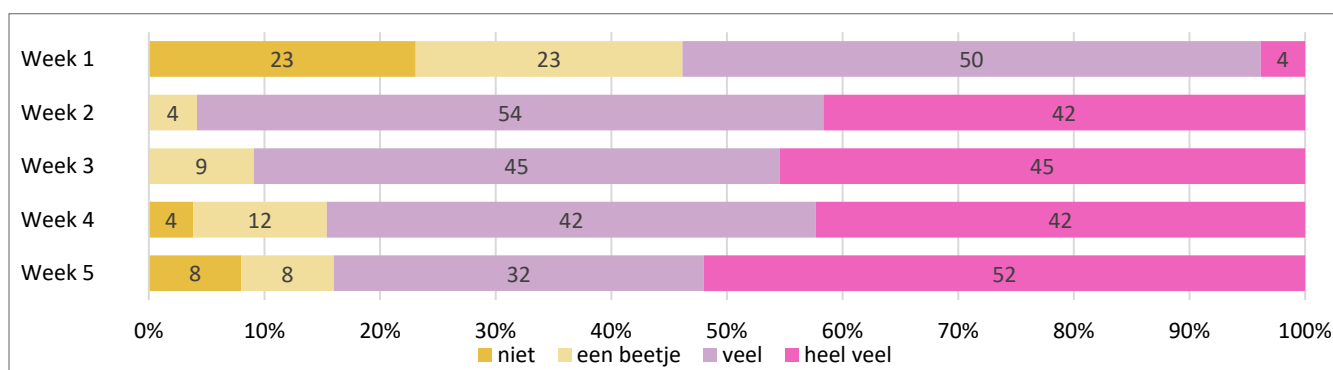
Figuur 43 Ik ben bezig geweest met iets maken - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 44 Ik ben bezig geweest met iets maken - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

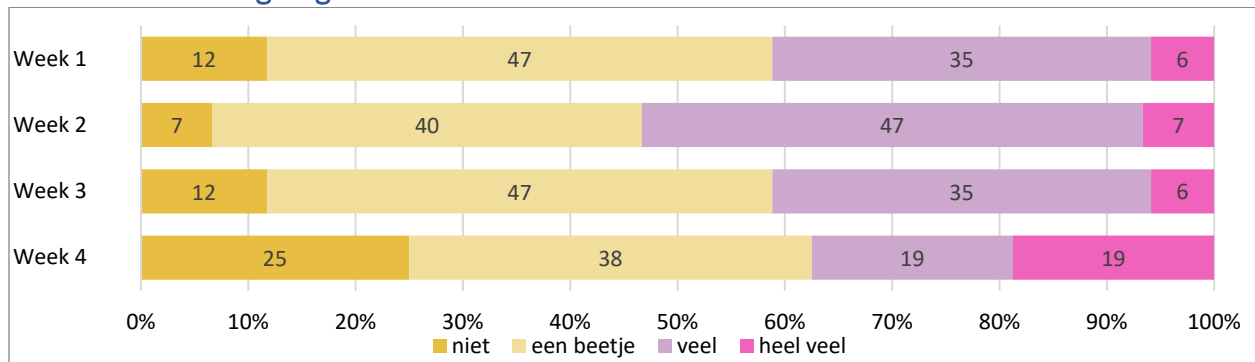


Figuur 45 Ik ben bezig geweest met iets maken - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

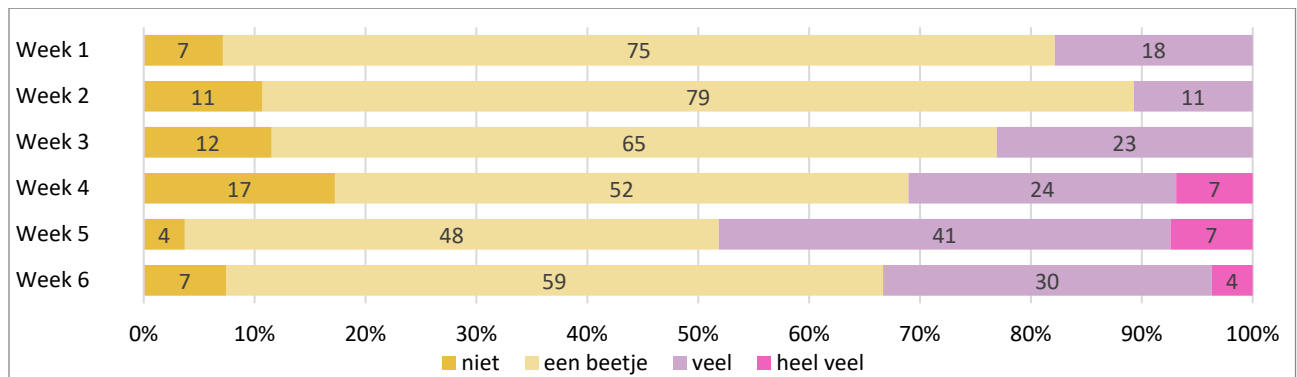


Figuur 46 Ik ben bezig geweest met iets maken - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

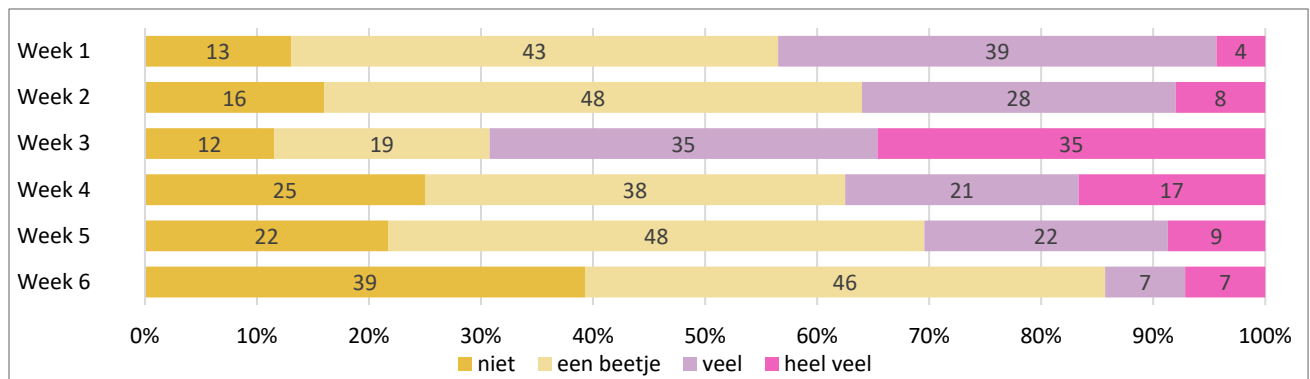
Ik heb nieuwe dingen geleerd



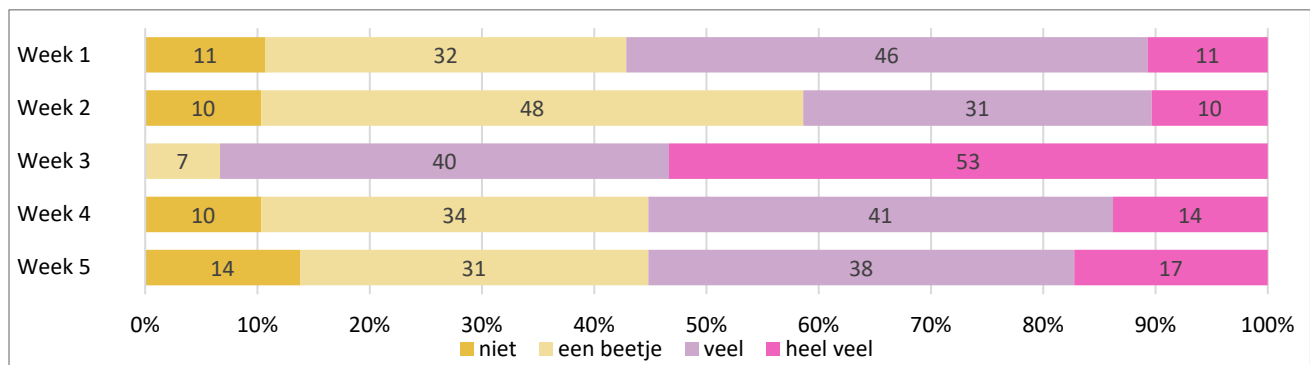
Figuur 47 Ik heb nieuwe dingen geleerd - Leerarrangement Satellieten



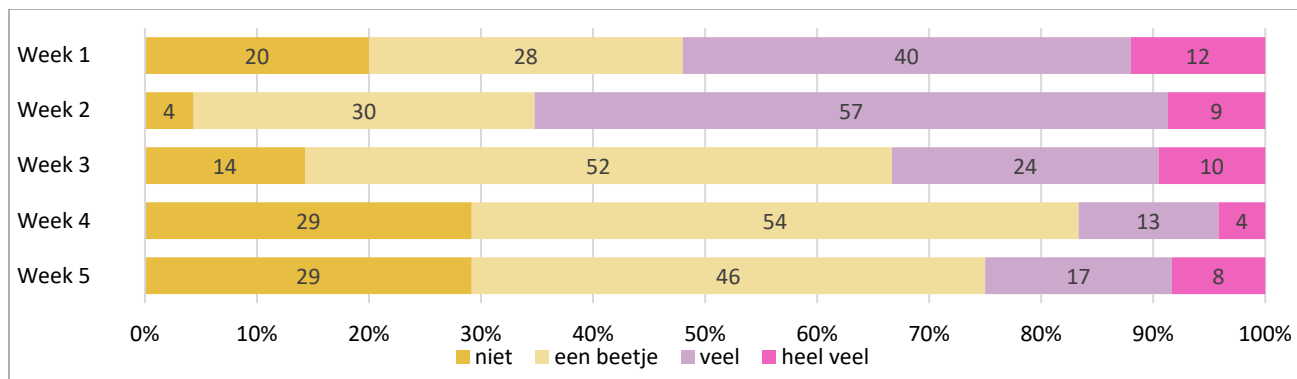
Figuur 48 Ik heb nieuwe dingen geleerd - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 49 Ik heb nieuwe dingen geleerd - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

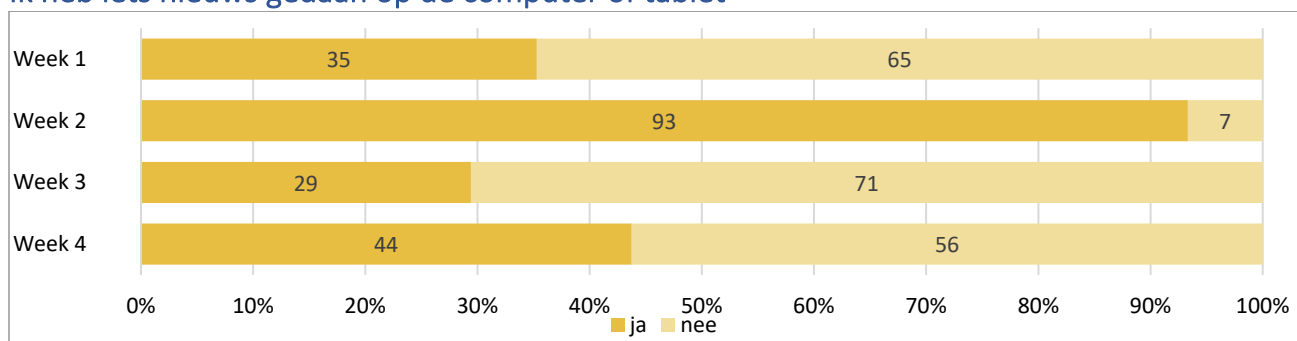


Figuur 50 Ik heb nieuwe dingen geleerd - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

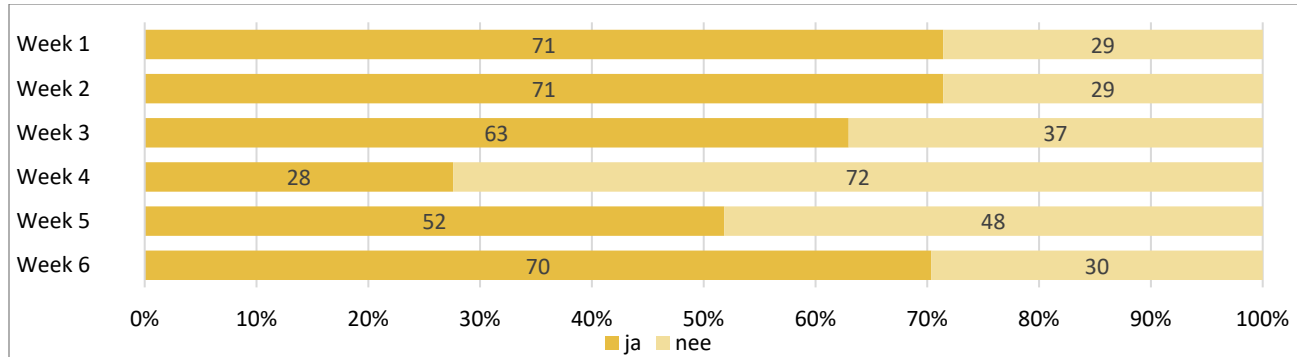


Figuur 51 Ik heb nieuwe dingen geleerd - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

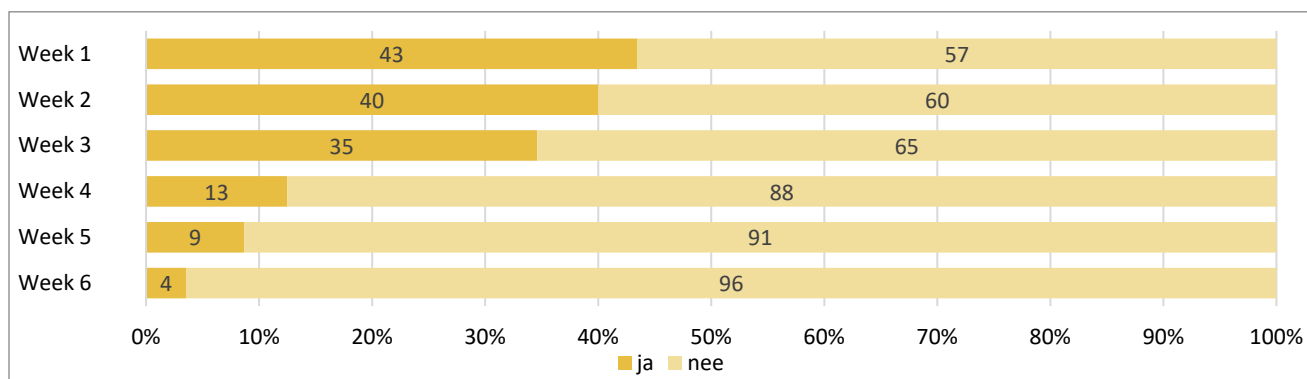
Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet



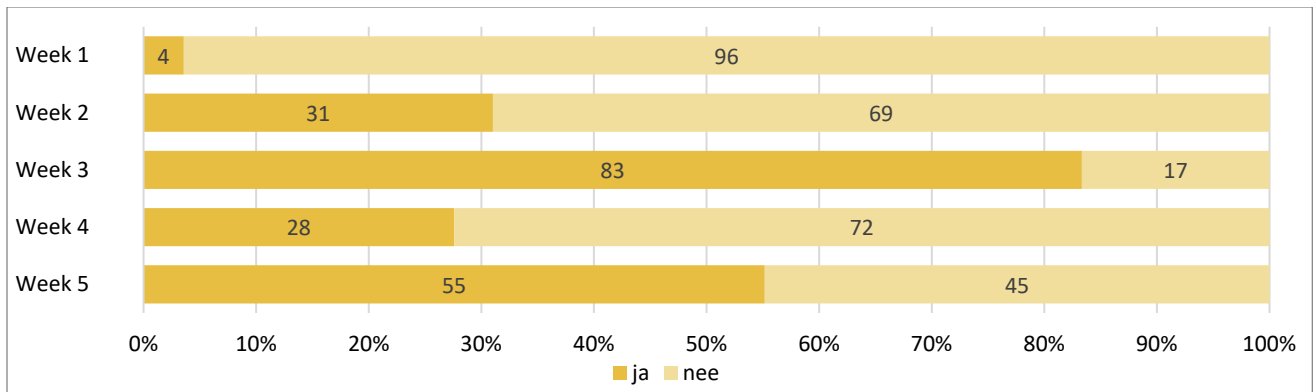
Figuur 52 Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet - Leerarrangement Satellieten



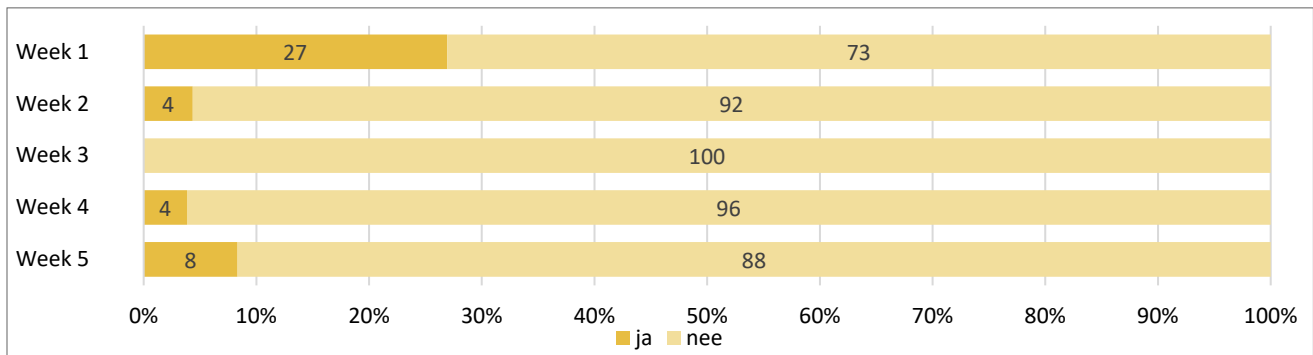
Figuur 53 Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 54 Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

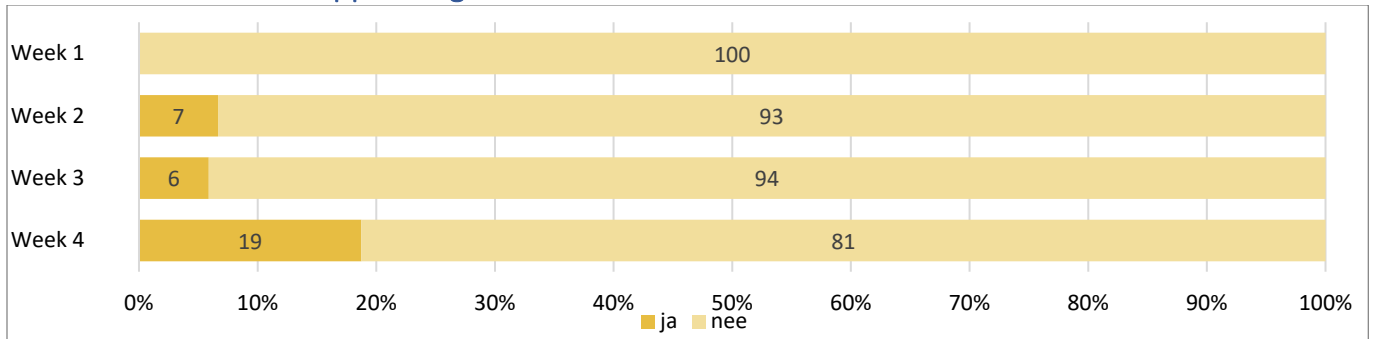


Figuur 55 Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

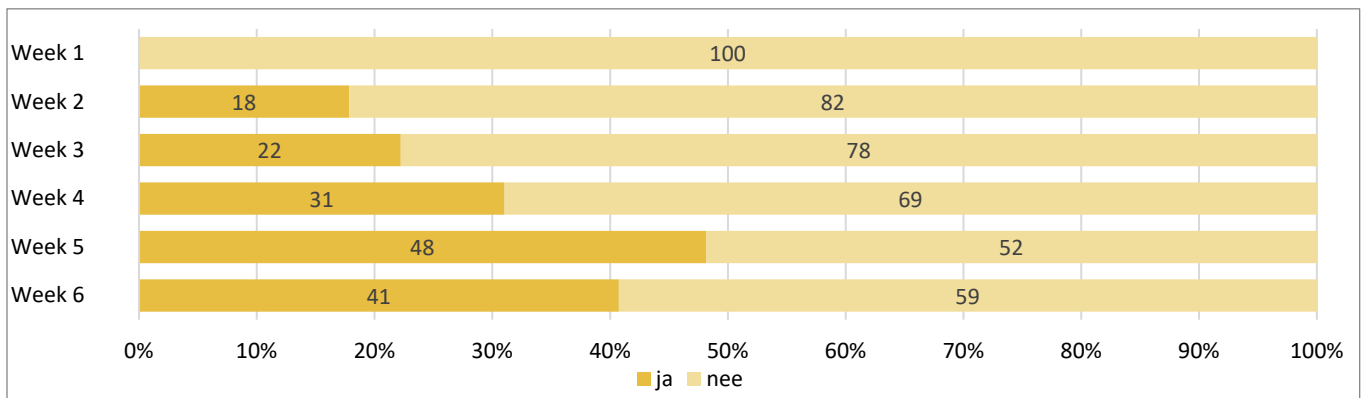


Figuur 56 Ik heb iets nieuws gedaan op de computer of tablet - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

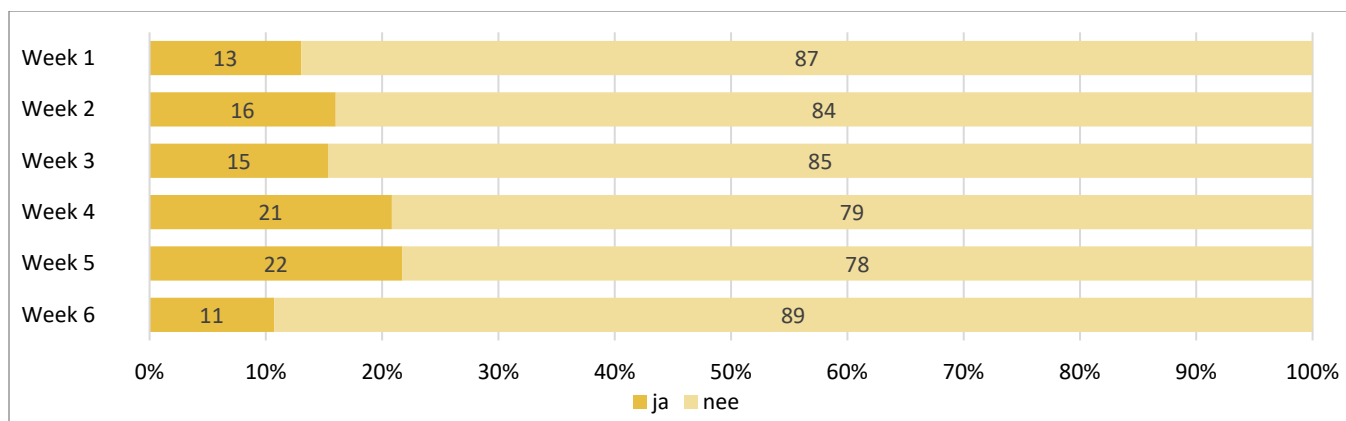
Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt



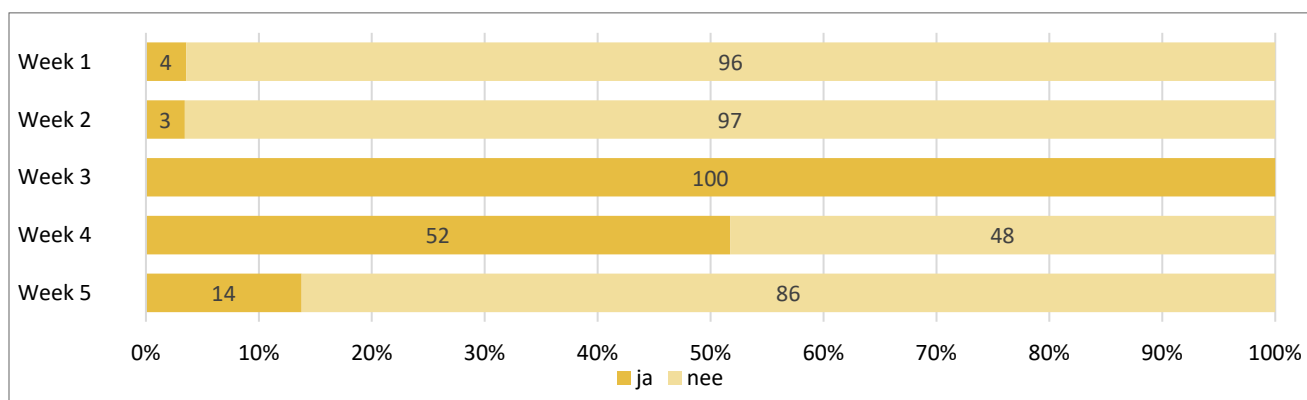
Figuur 57 Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt - Leerarrangement Satellieten



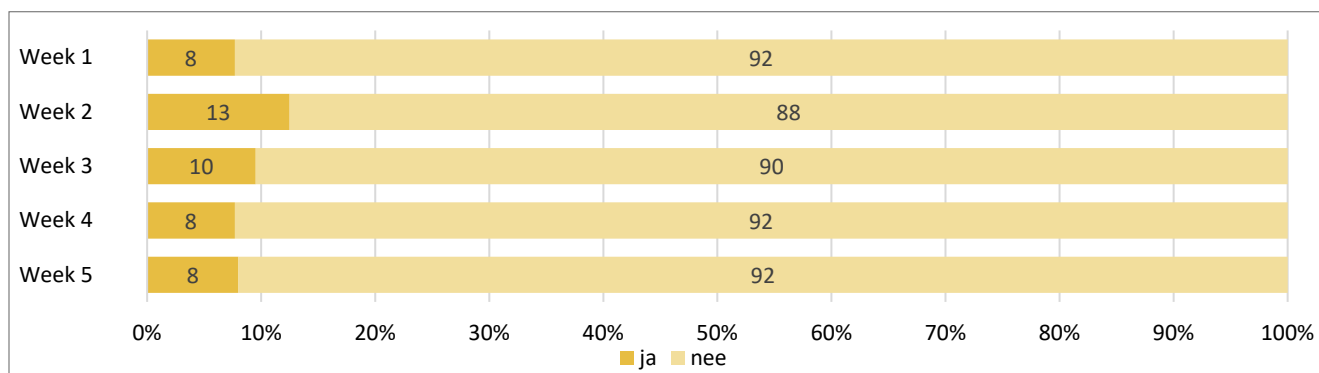
Figuur 58 Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 59 Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

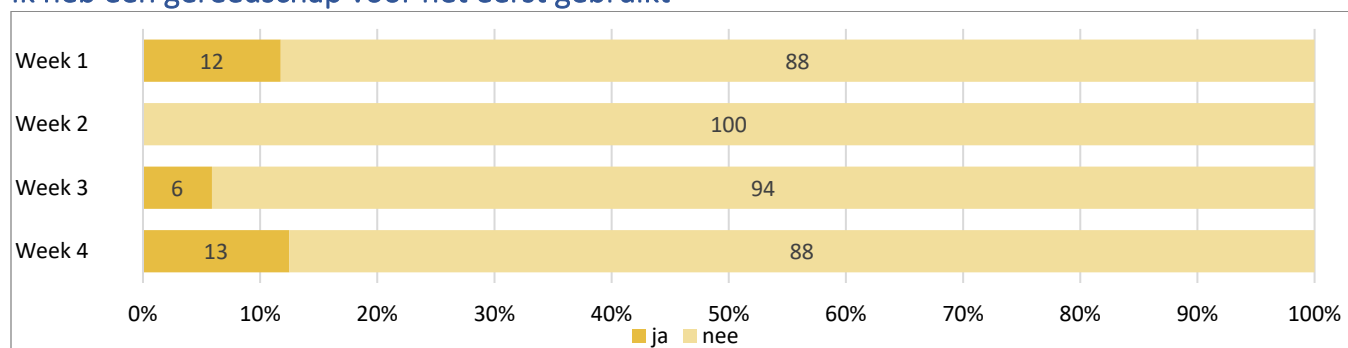


Figuur 60 Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

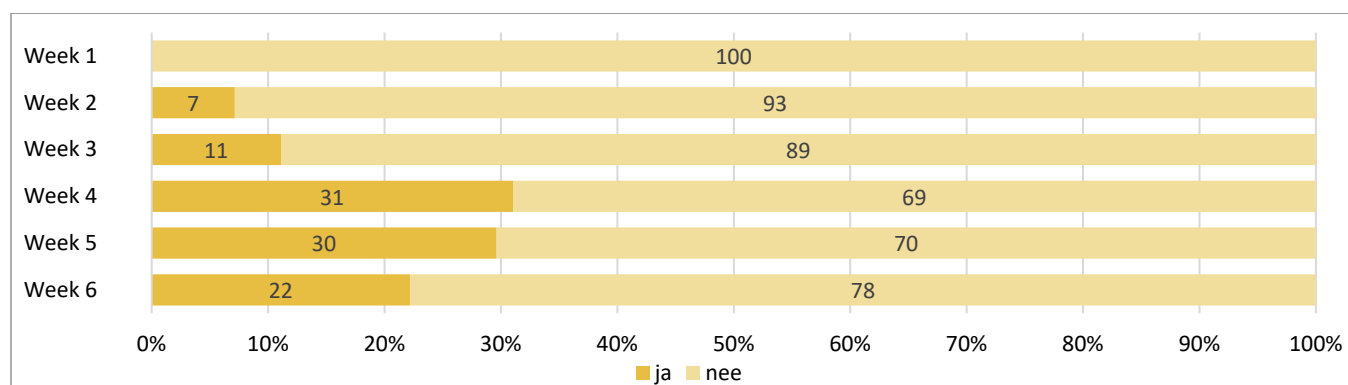


Figuur 61 Ik heb met een nieuw apparaat gewerkt - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

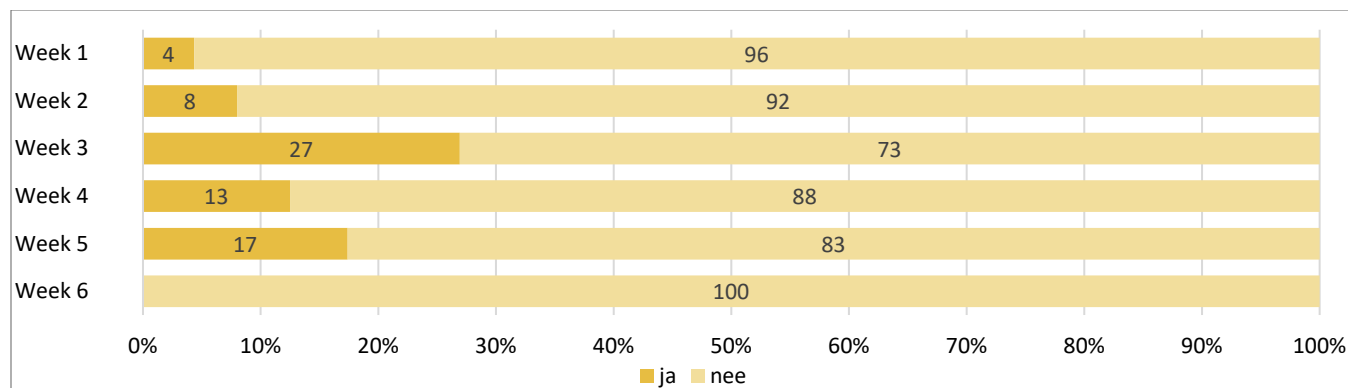
Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt



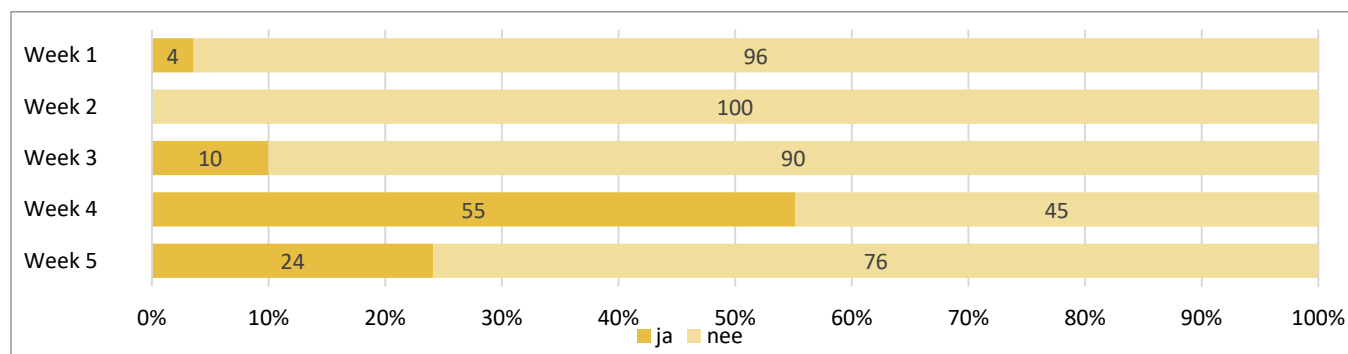
Figuur 62 Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt - Leerarrangement Satellieten



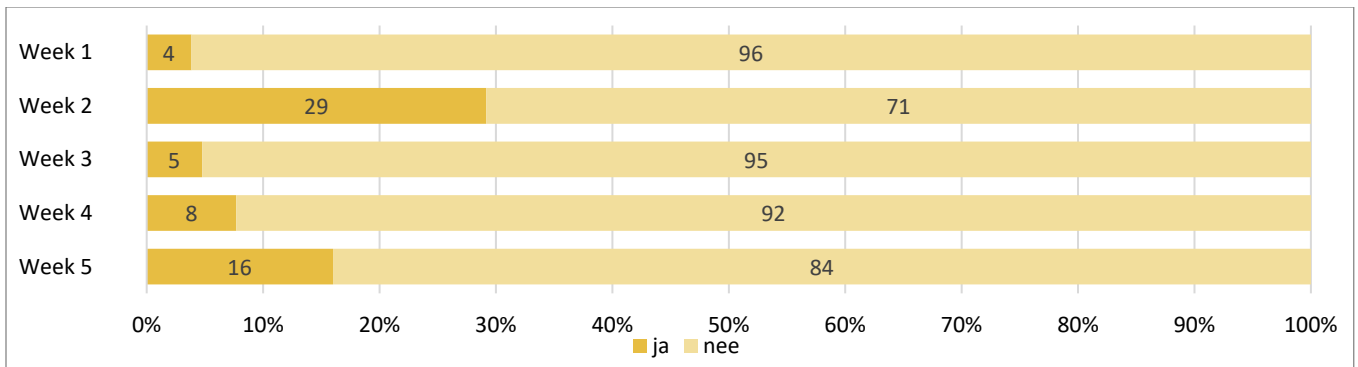
Figuur 63 Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 64 Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

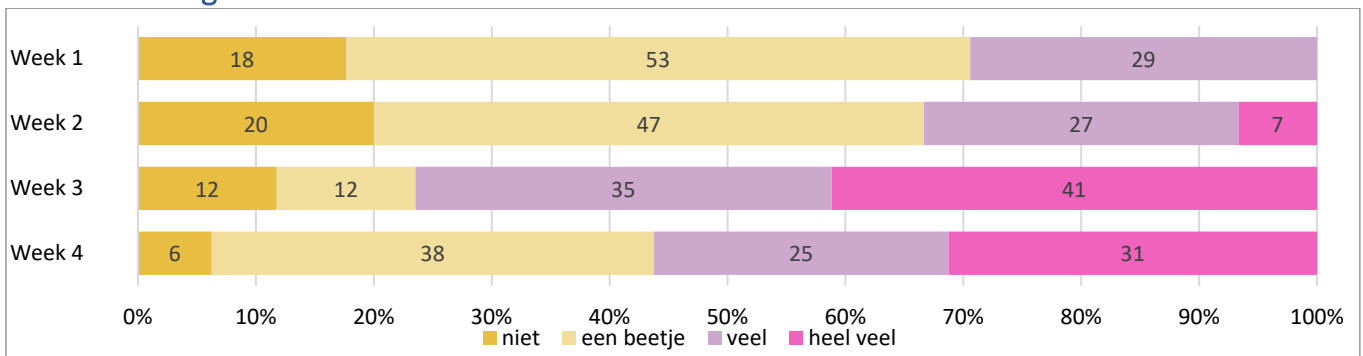


Figuur 65 Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

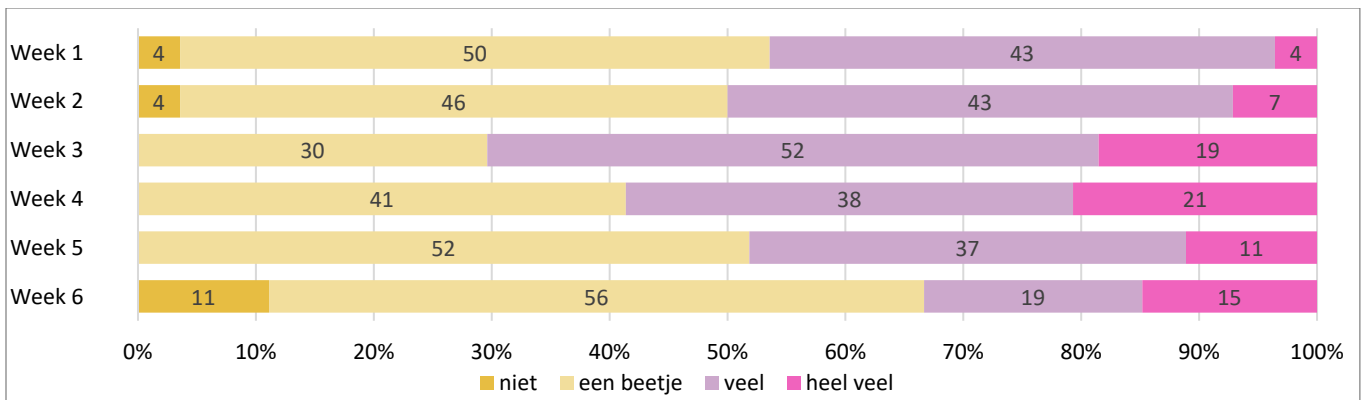


Figuur 66 Ik heb een gereedschap voor het eerst gebruikt - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

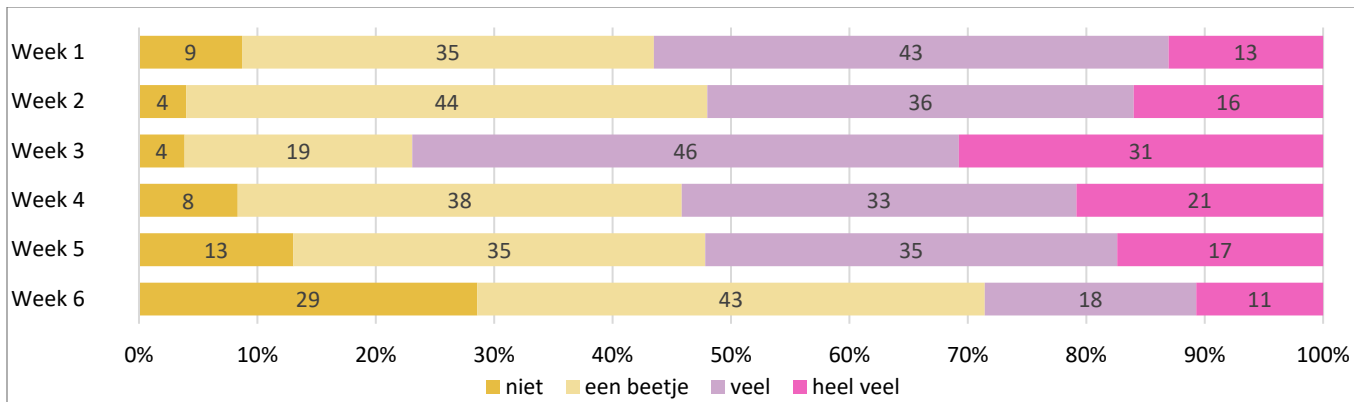
Ik heb keuzes gemaakt



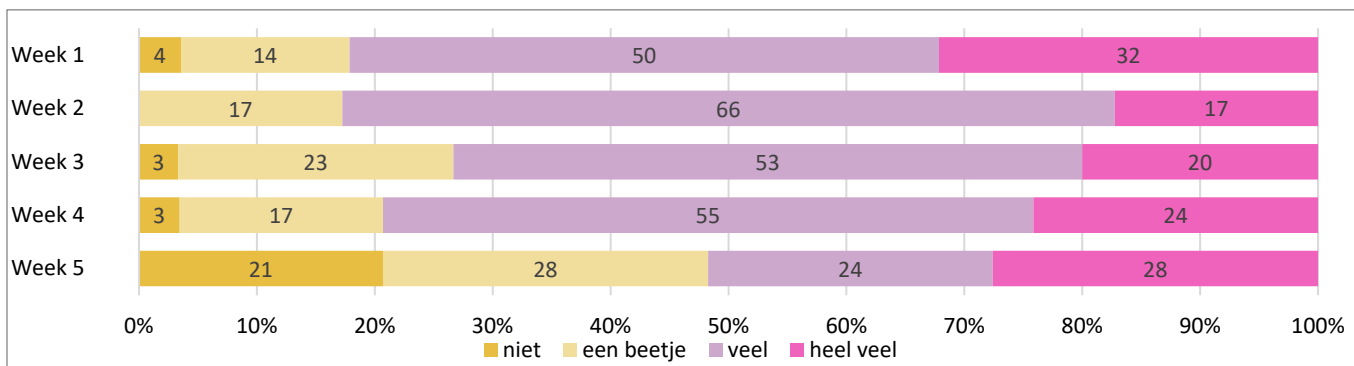
Figuur 67 Ik heb keuzes gemaakt - Leerarrangement Satellieten



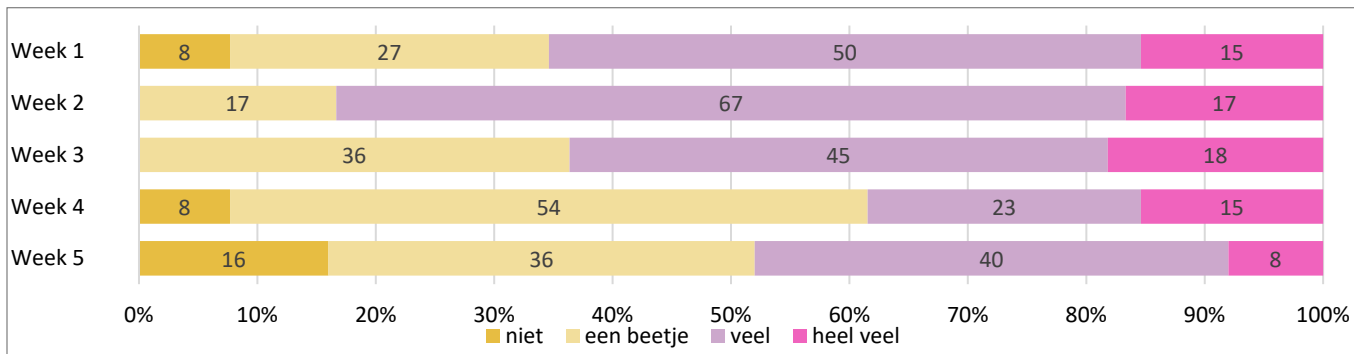
Figuur 68 Ik heb keuzes gemaakt - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 69 Ik heb keuzes gemaakt - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

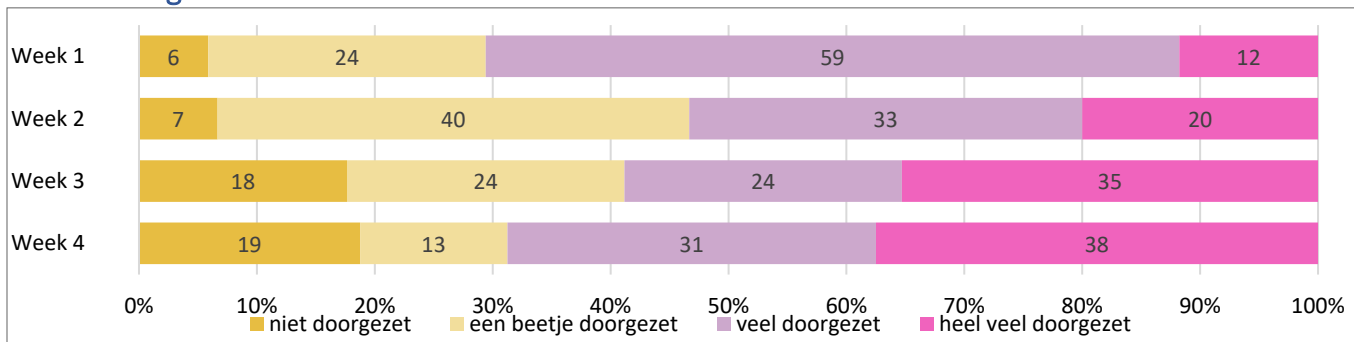


Figuur 70 Ik heb keuzes gemaakt - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

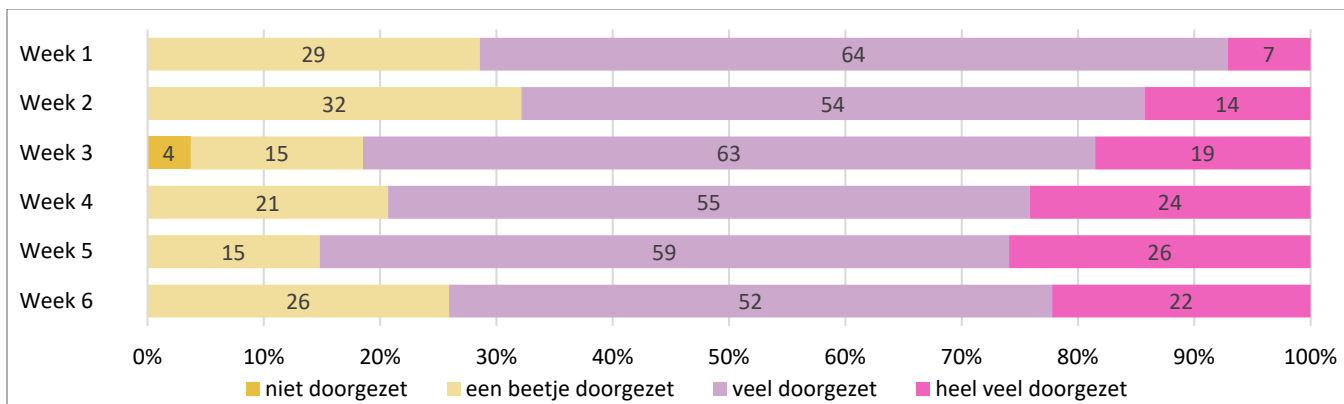


Figuur 71 Ik heb keuzes gemaakt - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

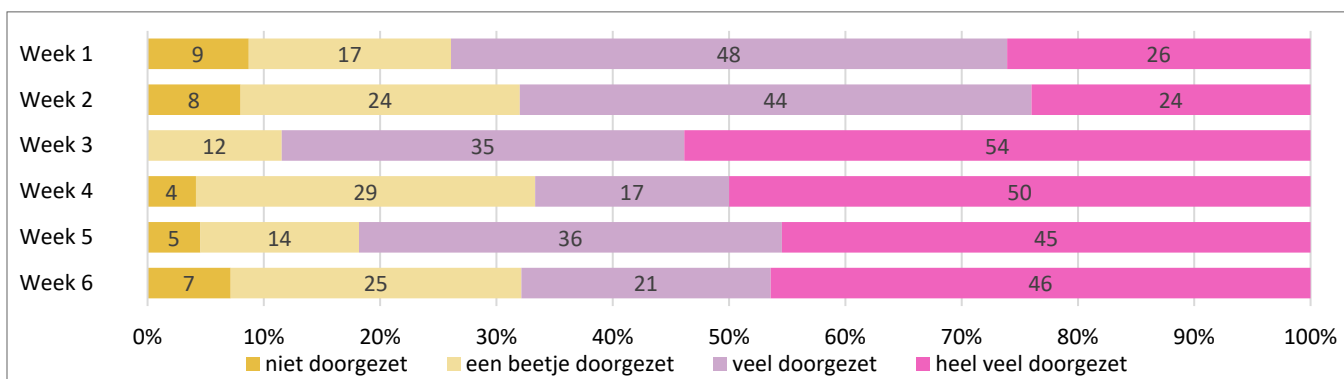
Ik heb doorgezet



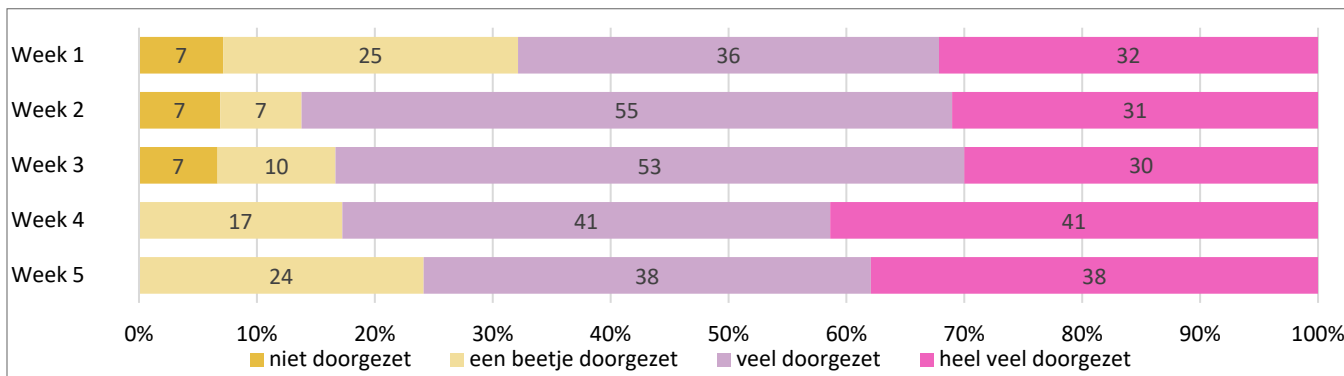
Figuur 72 Ik heb doorgezet - Leerarrangement Satellieten



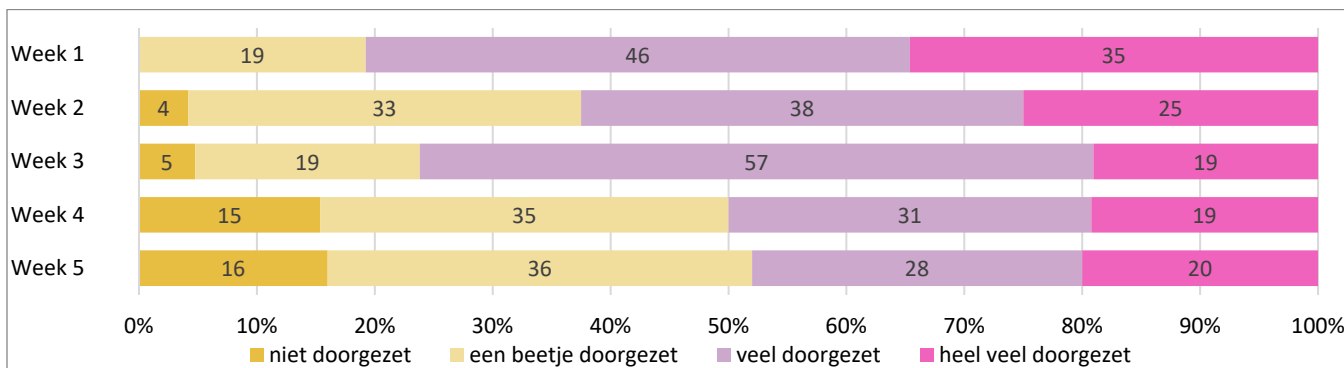
Figuur 73 Ik heb doorgezet - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 74 Ik heb doorgezet - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

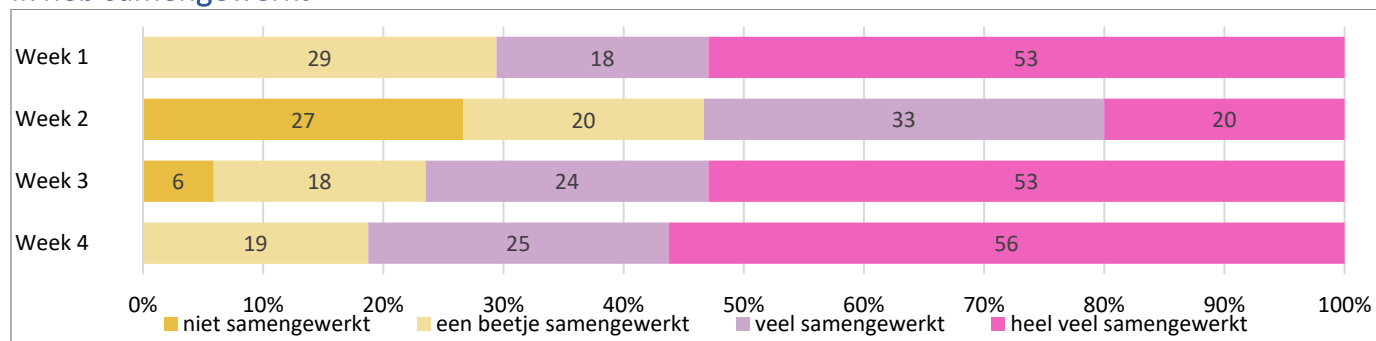


Figuur 75 Ik heb doorgezet - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

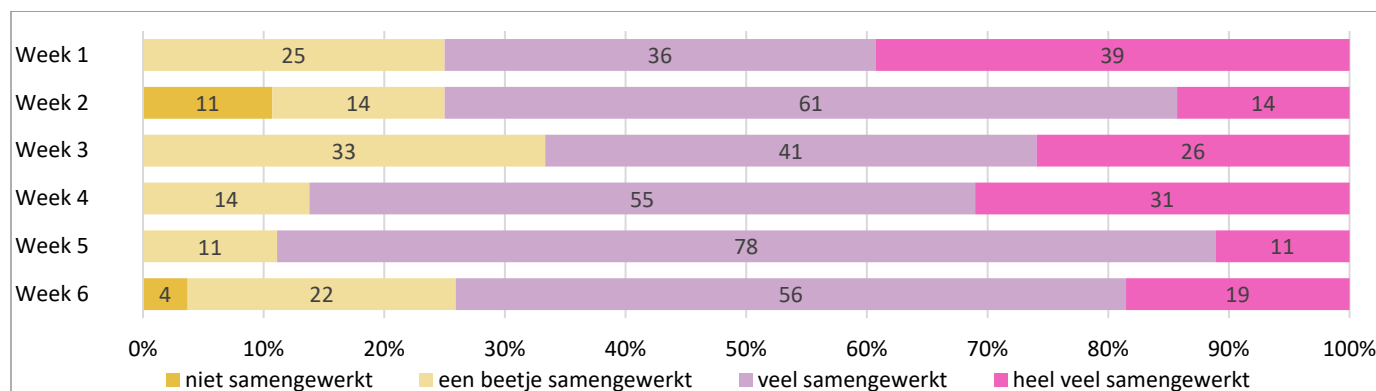


Figuur 76 Ik heb doorgezet - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

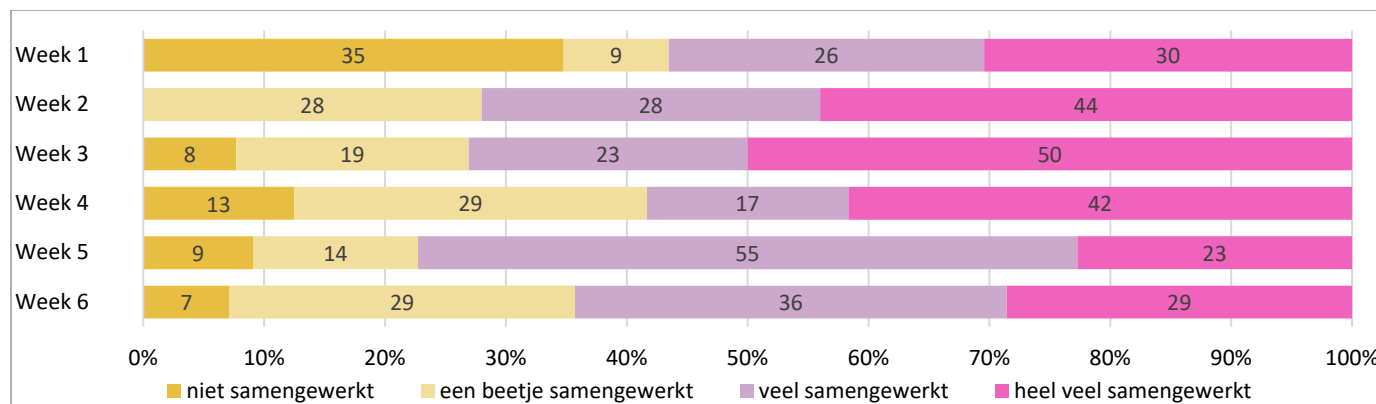
Ik heb samengewerkt



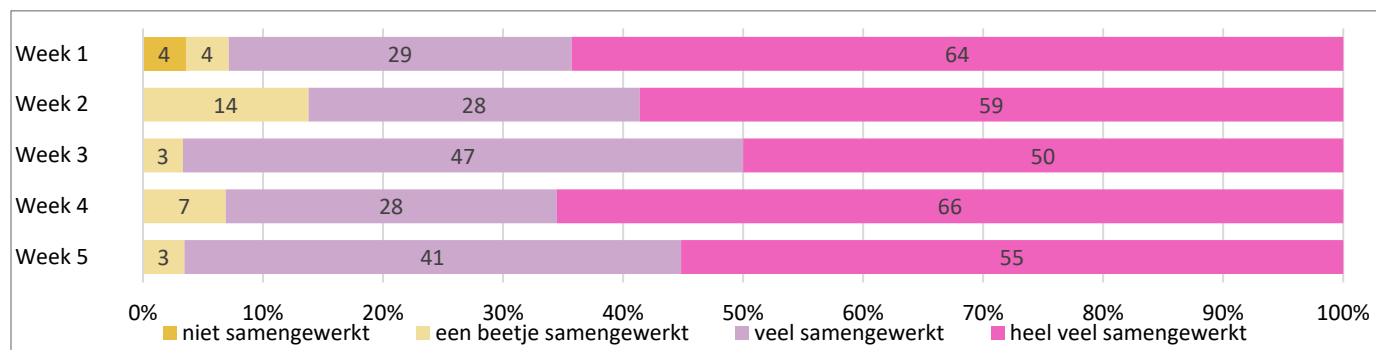
Figuur 77 Ik heb samengewerkt - Leerarrangement Satellieten



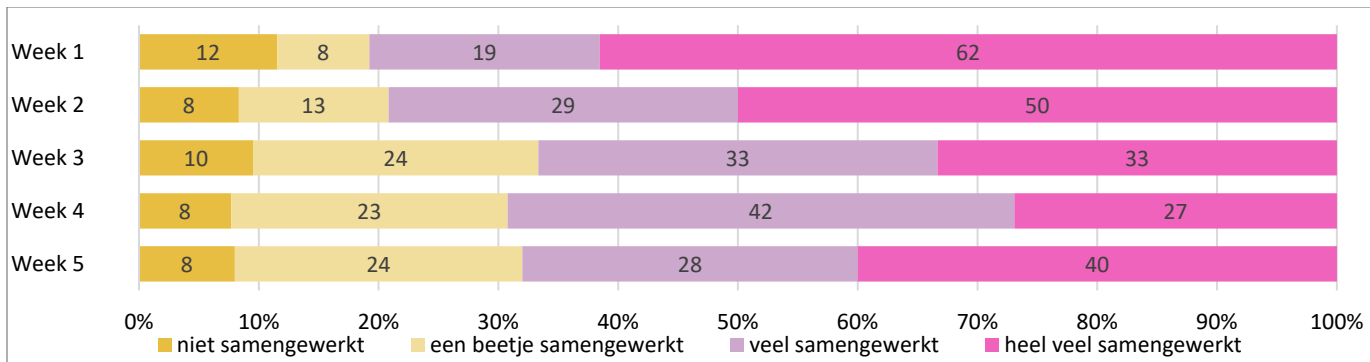
Figuur 78 Ik heb samengewerkt - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 79 Ik heb samengewerkt - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

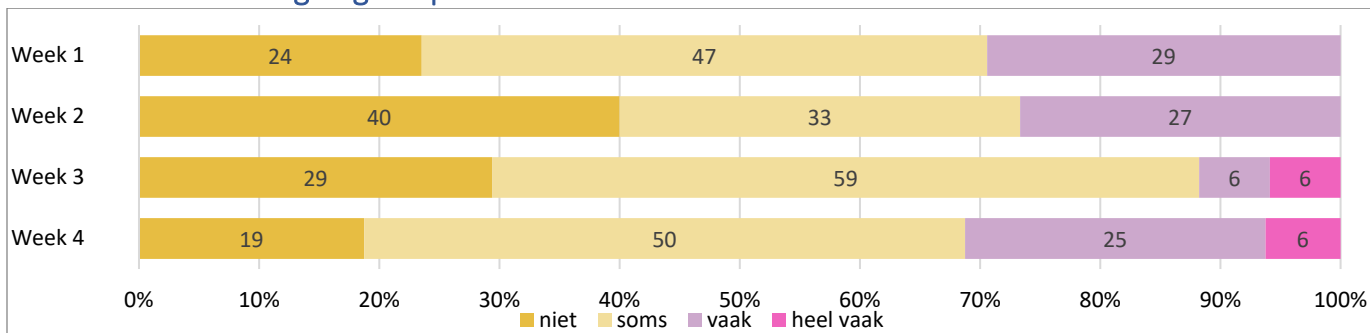


Figuur 80 Ik heb samengewerkt - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

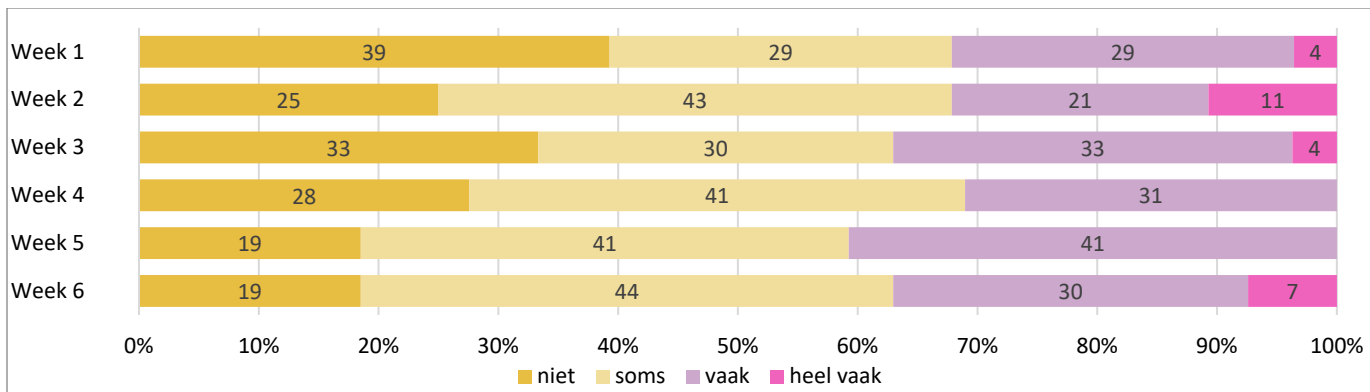


Figuur 81 Ik heb samengewerkt - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

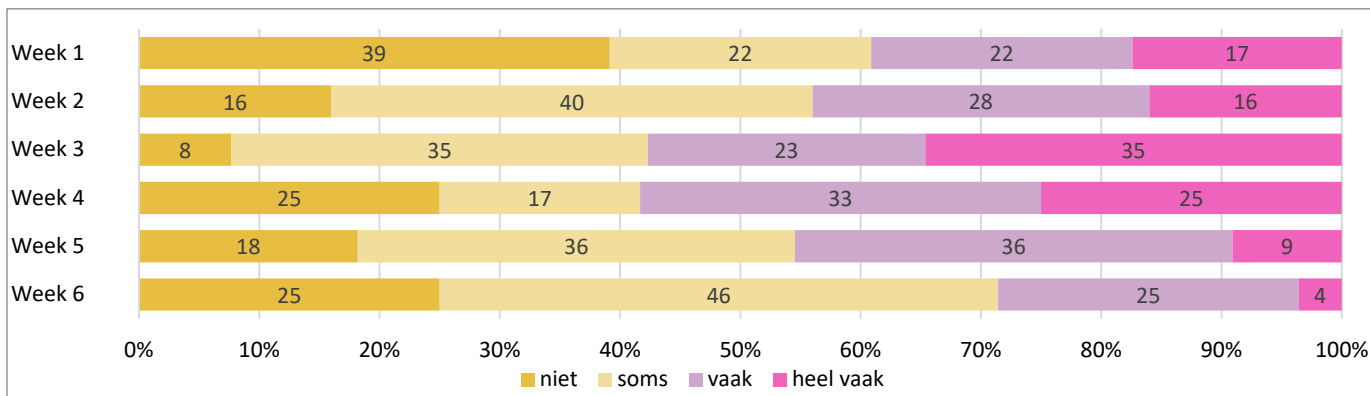
Ik heb andere leerlingen geholpen



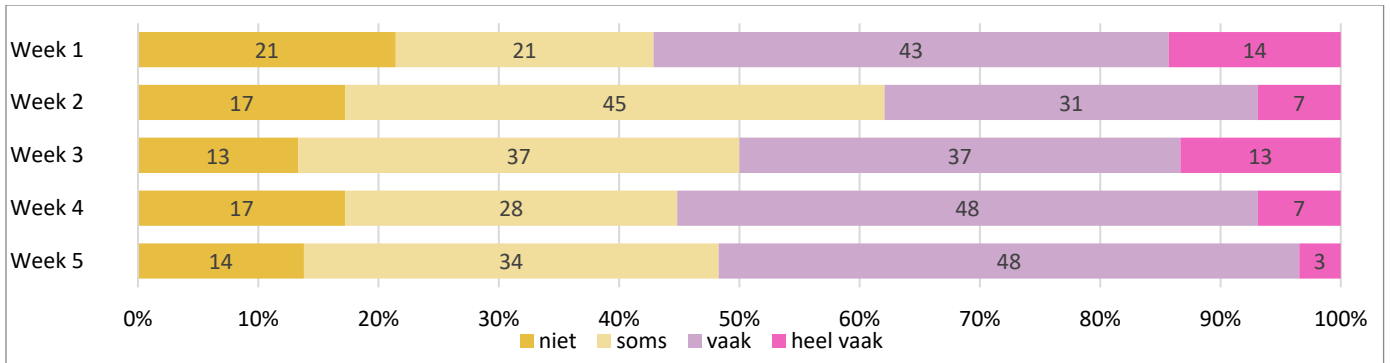
Figuur 82 Ik heb andere leerlingen geholpen - Leerarrangement Satellieten



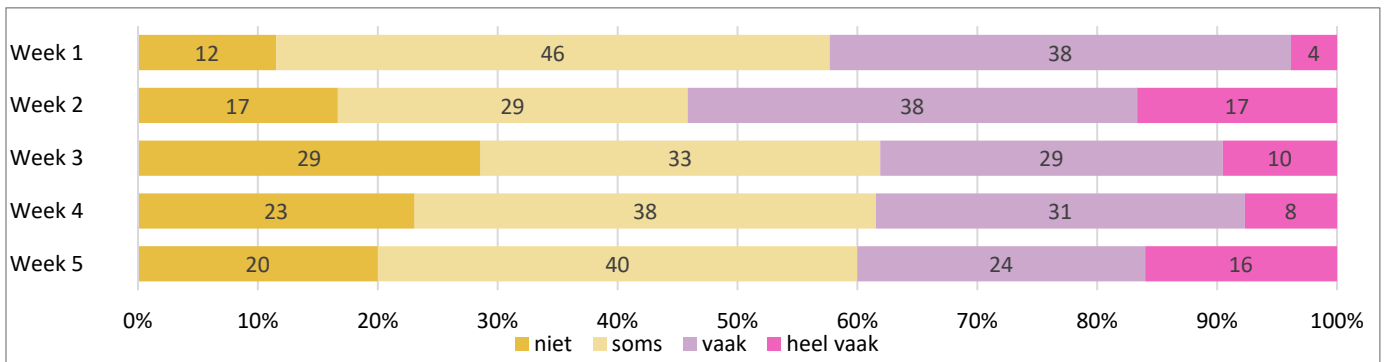
Figuur 83 Ik heb andere leerlingen geholpen - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 84 Ik heb andere leerlingen geholpen - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

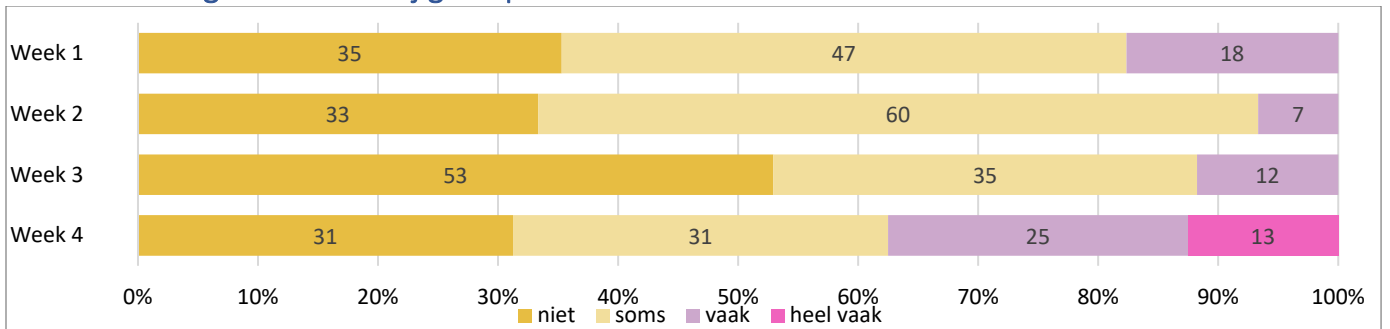


Figuur 85 Ik heb andere leerlingen geholpen - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

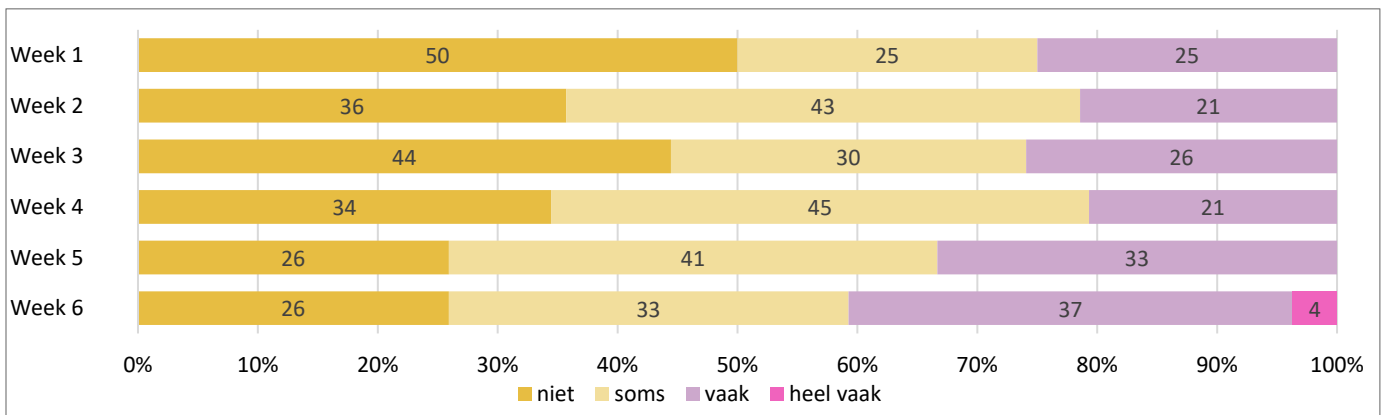


Figuur 86 Ik heb andere leerlingen geholpen - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

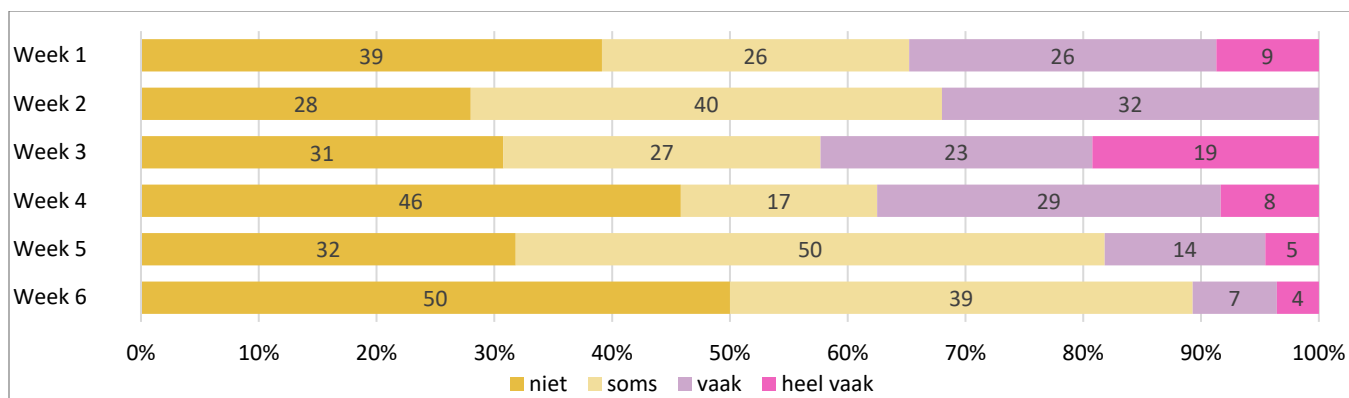
Andere leerlingen hebben mij geholpen



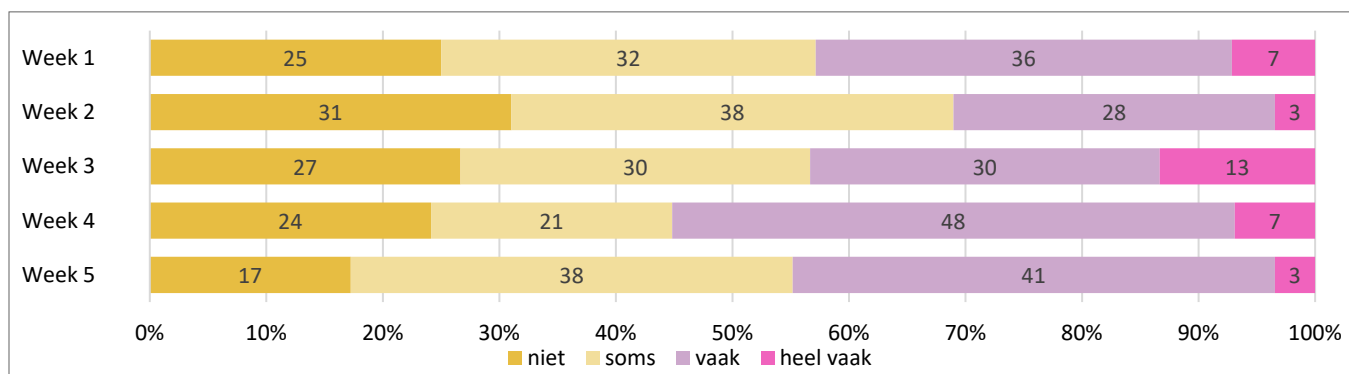
Figuur 87 Andere leerlingen hebben mij geholpen - Leerarrangement Satellieten



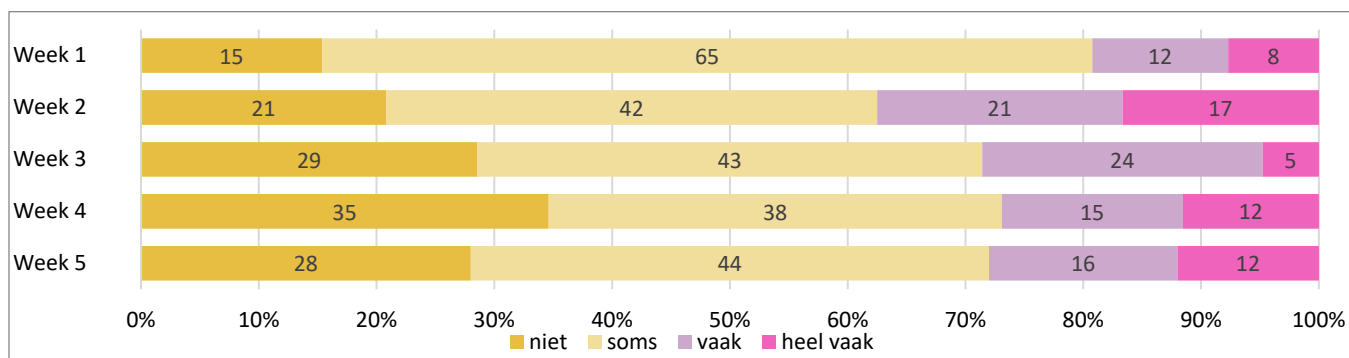
Figuur 88 Andere leerlingen hebben mij geholpen - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 89 Andere leerlingen hebben mij geholpen - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

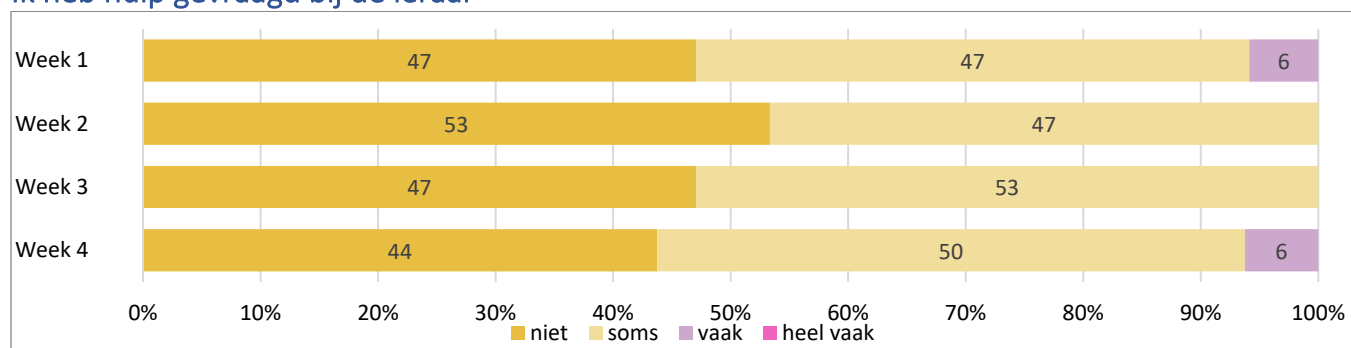


Figuur 90 Andere leerlingen hebben mij geholpen - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

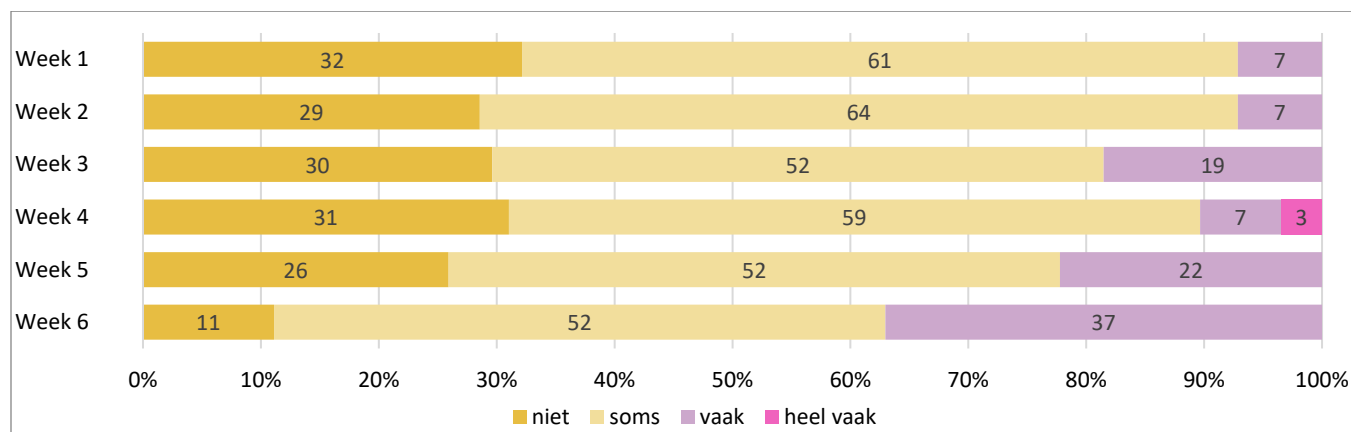


Figuur 91 Andere leerlingen hebben mij geholpen - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

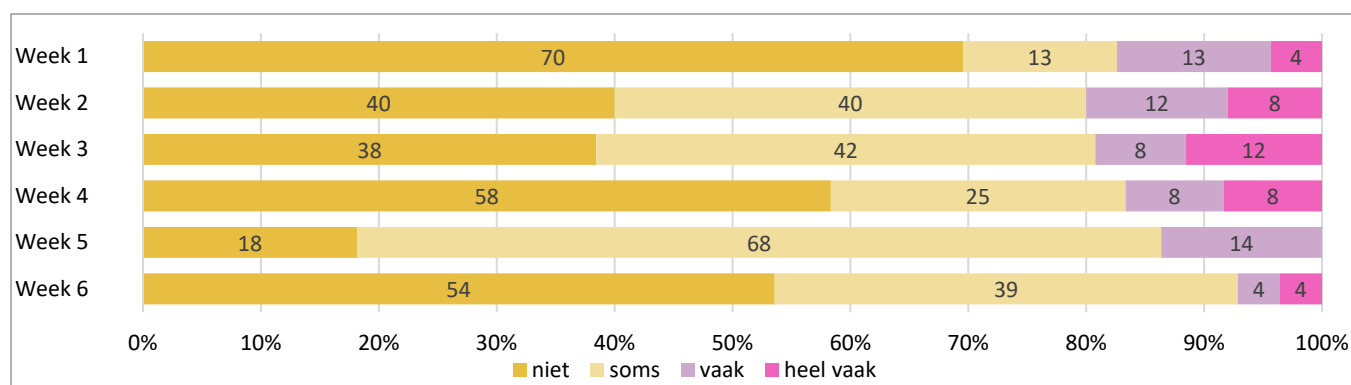
Ik heb hulp gevraagd bij de leraar



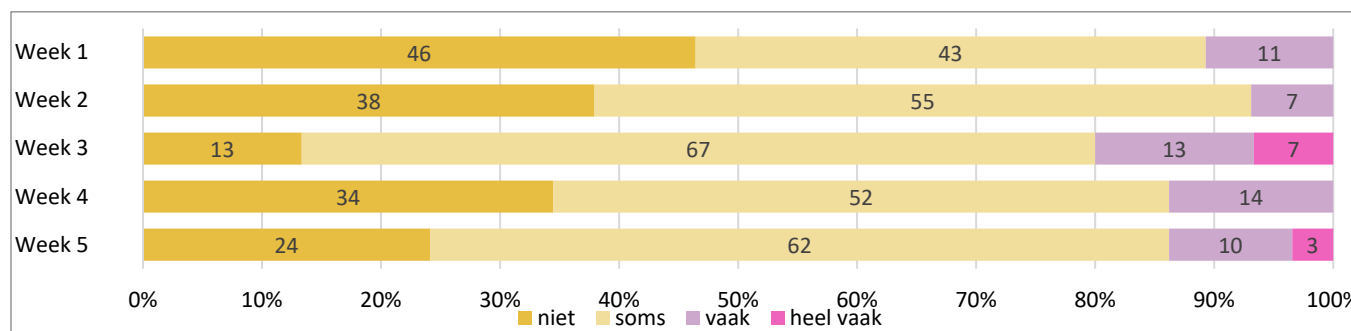
Figuur 92 Ik heb hulp gevraagd bij de leraar - Leerarrangement Satellieten



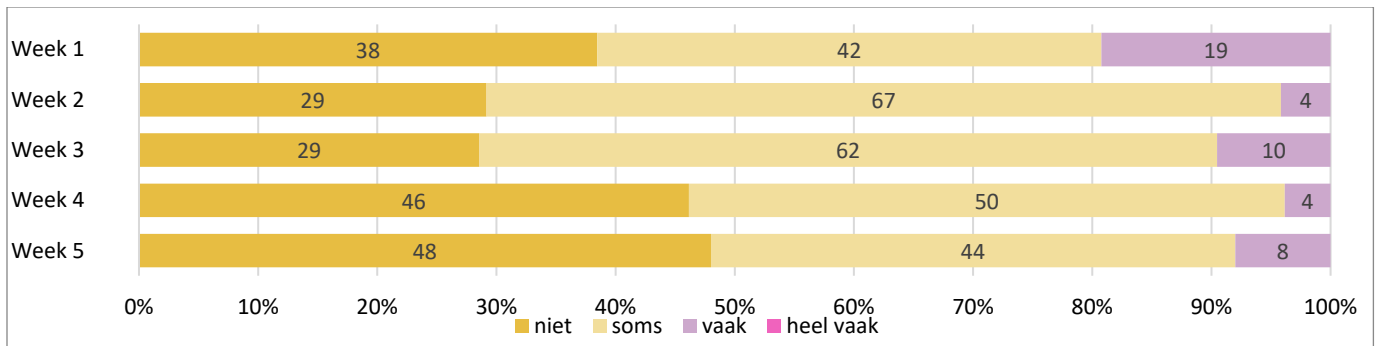
Figuur 93 Ik heb hulp gevraagd bij de leraar - Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 94 Ik heb hulp gevraagd bij de leraar - Leerarrangement Zwerfafvalrobot

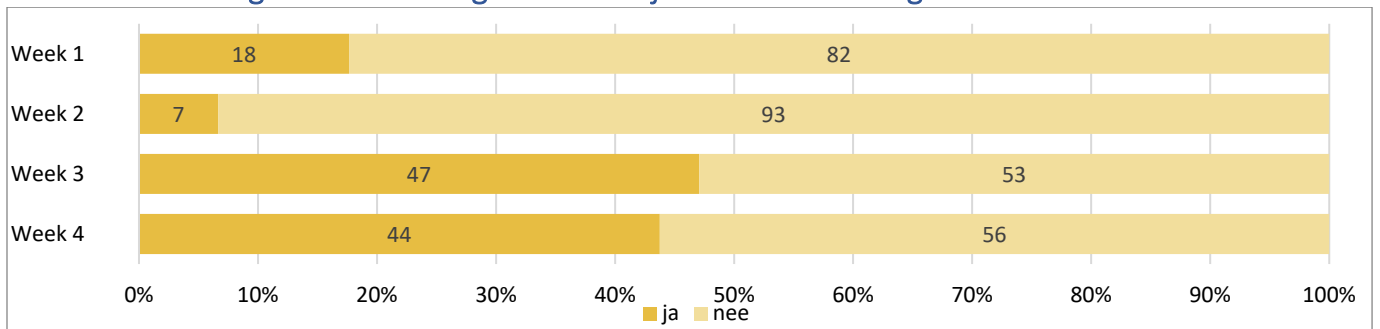


Figuur 95 Ik heb hulp gevraagd bij de leraar - Leerarrangement Inclusieve speelplaats

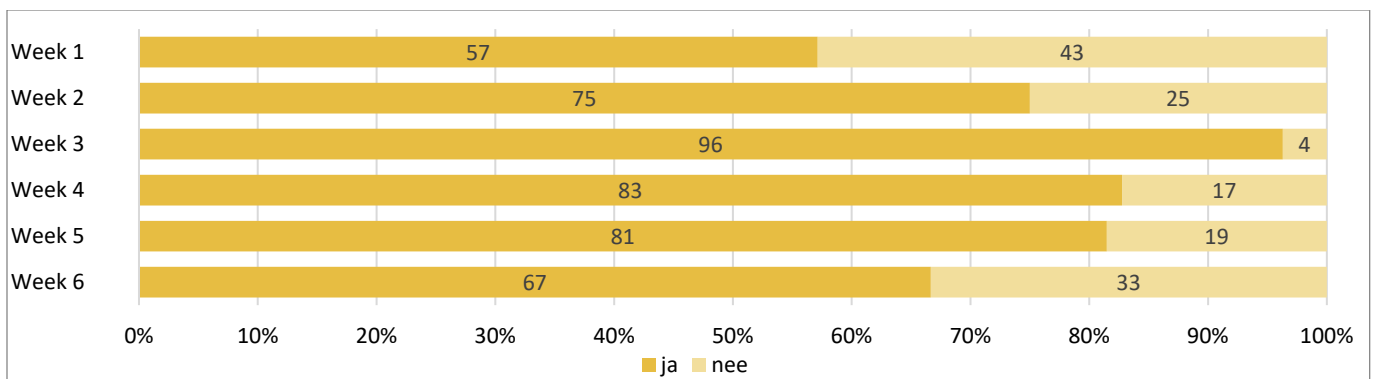


Figuur 96 Ik heb hulp gevraagd bij de leraar - Leerarrangement Inrichting schoolruimte

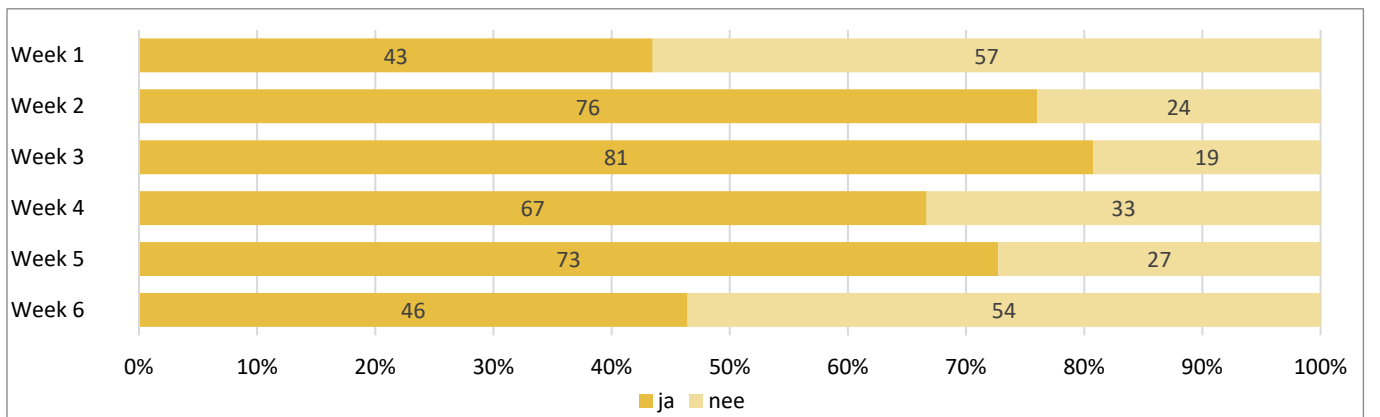
Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij < naam leerarrangement >



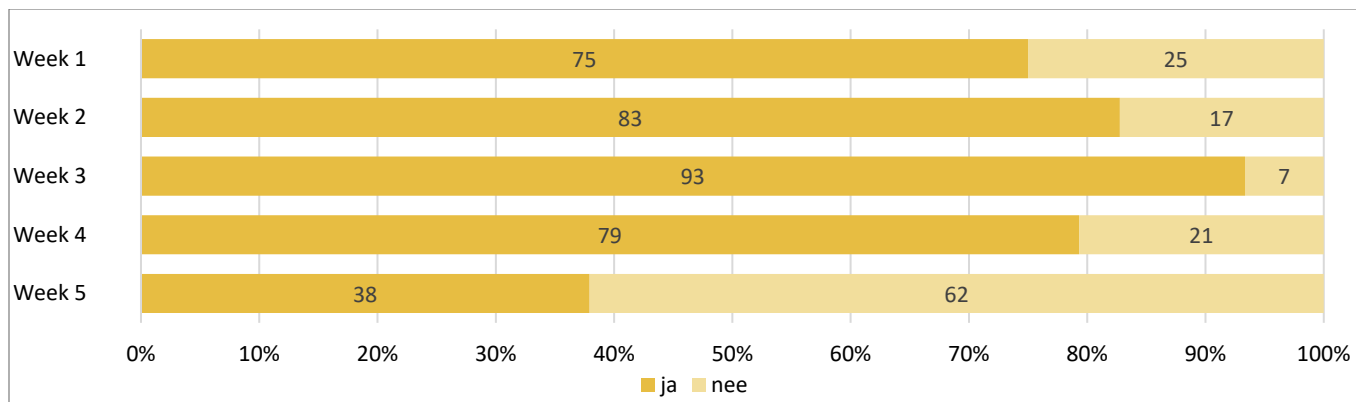
Figuur 97 Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij Leerarrangement Satellieten



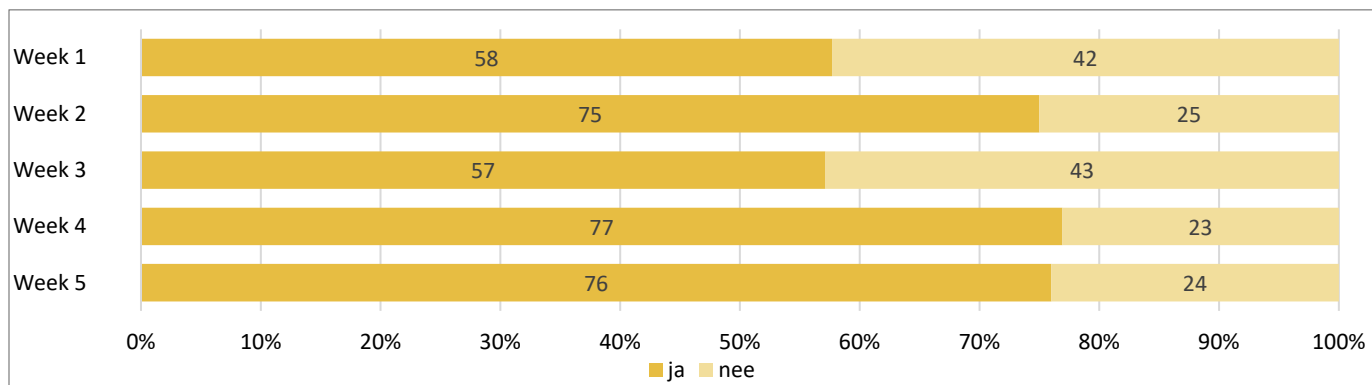
Figuur 98 Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij Leerarrangement Zelfstandige Ouderen



Figuur 99 Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij Leerarrangement Zwerfafvalrobot



Figuur 100 Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij Leerarrangement Inclusieve speelplaats



Figuur 101 Ik weet wat ik volgende week wil gaan doen bij Leerarrangement Inrichting schoolruimte